Gobierno Bolivariano de Venezuela
Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras
INIA Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
Venezuela AHORA ES DE TODOS

Agronomía Tropical

Agronomía Tropical
Agronomía Tropical
Agronomía Tropical
Agronomía Tropical

ISSN: 0002 - 192X
AÑO 59 VOL. 59 No. 4 2009

AGRONOMÍA TROPICAL

Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Venezuela, anteriormente FONAIAP.

AGRONOMÍA TROPICAL publica trabajos inéditos sobre resultados de investigación obtenidos en las ciencias agrícolas y sus diferentes disciplinas: mejoramiento agronómico, recursos fitogenéticos, biotecnología, fisiología vegetal, edafología, fertilidad y nutrición de suelos, riego, protección vegetal, malezas, ecología y medio ambiente, maquinaria, sistemas de producción y tecnología de alimentos, entre otros.

La remisión de un trabajo a la revista implica que no ha sido publicado ni enviado simultáneamente para su publicación en otro medio. Los artículos y notas son revisados y evaluados por reconocidos especialistas para asegurar su calidad científica. El contenido de los trabajos (artículos, notas, ensayos...) es de la exclusiva responsabilidad de los autores.

INDIZACIÓN

AGRONOMÍA TROPICAL es reseñada e indizada por CAB Internacional (Reino Unido); TROPAG, Royal Tropic Institute (Holanda); REFERATIVNYI ZHURNAL, All-Rusian Institute of Scientific and Technical Information (Rusia); AGRIS, FAO (Roma); Base Agrícola Venezolana, INIA (Venezuela); Centro de Información y Documentación (Cuba); REVENCYT, Fundacite Mérida (Venezuela); PERIÓDICA, Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias, UNAM (México); REDPAV, Fundación Polar (Venezuela); WILDLIFE REVIEW ABSTRACTS, NISC Colorado (USA); BIOSIS Zoological Record (Reino Unido); AGRÍCOLA, National Agricultural Library (USA); Pest Directory, International Society for Pest Information (Alemania); LATINDEX, Directorio de Publicaciones Científicas de América Latina; Bibliografía Edafológica Venezolana, Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo; MegaBase AGRI 2000, IICA-CATIE; Catalogue en Ligne del Institute de l' Information Scientifique et Technique, Francia; Base de Datos REVIS, CATIE, Costa Rica, Science citation index, http://www2.scielo.org.

SUSCRIPCIÓN

Venezuela: 125 000,00 Bs.F: 125,00
Países en desarrollo: US$ 95, incluyendo costos de envío
(Developing countries) (including shipping)

Países desarrollos: US$ 100, incluyendo costos de envío
(Developed countries) (including shipping)

DIRECCIÓN

La correspondencia debe dirigirse a: **AGRONOMÍA TROPICAL**, Av. Universidad, vía El Limón, Edificio Gerencia General, INIA. Apartado 2103. Maracay 2105. Aragua-Venezuela. Los envíos por concepto de CANJE (EXCHANGE) deben dirigirse a: BIBLIOTECA, Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA. Apartado 4653. Maracay 2101. Aragua-Venezuela.

Correo Electrónico: agrotrop@canaima2.inia.gob.ve
Página Electrónica: http://www.inia.gob.ve/index.php?option=com_periodicas
http://www.ceniap.gov.ve/pbd/index.htm

Agronomía Trop. / Vol. 59 / Nº4 / Octubre-Diciembre 2009/ISSN 0002-192X

AGRONOMÍA TROPICAL

Agronomía Trop

Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
Maracay, Venezuela

www.agrotrop@inia.gob.ve

AUTORIDADES INIA

Dr. Yván Gil
PRESIDENTE

Dr. Orlando Moreno
GERENTE GENERAL

Dr. Luis Dickson
GERENTE DE INVESTIGACIÓN

Dr. David Díaz
GERENTE DE SERVICIOS Y PRODUCCIÓN SOCIAL

FUNDADORES

Luis Medina (Dir.), Bruno Mazzani†, W. S. Iljin, Rafael Pontis Videla, Jesús Silva Calvo, Gino Malagutti, Guiseppe Ravanello, Luis A. Salas F., S. Horovitz, P. Obregón y Dora M. de Zerpa.

COORDINACIÓN EDITORIAL REVISTA AGRONOMÍA TROPICAL

Tatiana Pugh
EDITOR JEFE

Milagros Fernández
EDITOR ASISTENTE

Zulay Melo
BACHILLER I

Carmen E. Sólorzano
BACHILLER I

EDITORES ASOCIADOS

Dra. Rosemary Warnock, UCV
Producción Vegetal

Dr. Rodolfo Delgado, INIA-CENIAP
Edafología, Fertilidad y Nutrición de Suelos

Dra. Judith Zambrano, ULA-Trujillo
Frutales

Dra. Asia Y. Zambrano, INIA-CENIAP
Biotecnología Vegetal

Dra. Beatriz Lozada, INIA- Táchira
Agrometeorología

Dra. Aída Ortiz Domínguez, UCV
Cereales, Malezas y Semillas

COMITÉ EDITORIAL

Milagros Fernández
María González
Félix San Vicente
Klaus Jaffé

CONSEJO DE REDACCIÓN

José San José. IVIC. Caracas
Gustavo Trujillo. UCV. Fac. de Agronomía
María A. Sobrado. USB. Caracas
José Pérez Roa. CIDIAT. Mérida
Jean Marie Hétier. ORSTOM. Francia
Eduardo Casanova. UCV. Fac. de Agronomía
Jorge Salas. INIA. CIAE Lara
Eva García. UCV. Fac. de Agronomía
Luis Avilán. INIA. CENIAP. Maracay
Guillermo H. Eyherabide. INIA. Argentina
Gloria I. Puerta. CINECAFÉ. Colombia
Jon Lizaso. Iowa State University
Gustavo Yépez. SYNGENIA. Guatemala
María L. Izaguirre. IVIC. Caracas
Inés Pino. Comisión Chile. Energía Nuclear
Yolanda Guevara. INIA. CENIAP. Maracay
Raúl Mosqueda Vásquez. INIFAP. México
Alfredo Layrisse. UCV. Fac. de Agronomía
Juan Comerma. PALMAVEN. Carabobo
David Beck. CIMMYT. México
Zaida Lentini. CIAT. Colombia
Graciano Elizalde. UCV. Fac. de Agronomía
Marisol Castrillo. USB. Caracas
José Barreiro Méndez. USB. Caracas
Juan Blanquer. Univ. Politec. Valencia. España
Ramón Rossel. Univ. Nac. del Sur. Argentina
Lelys Bravo. USB. Caracas
Berto Arias. INIA. CIAE Monagas
María Juana Pérez. INIA. CENIAP. Maracay
Segundo Urquiaga. EMBRAPA. Brasil

Se agradece al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Fonacit) el apoyo financiero otorgado para la edición de este número

AGRONOMÍA TROPICAL

Vol. 59 - 2009 Octubre-Diciembre Nº 4

ISSN 0002-192X Depósito Legal pp 195102AR73

TABLA DE CONTENIDO

Artículos: **Pág.**

ALBARRÁN RINCÓN, J. G., A. E. GONZÁLEZ-PACHECO, O. GONZÁLEZ SALCEDO, E. G. SALAZAR YAMARTE, I. E. TRUJILLO DÍAZ, M. M. FUCHS DELGADO y M. CH. TORREALBA VARGAS. Embriogénesis somática a partir de flores masculinas de Pineo Gigante y Cambur Manzano..... **363**
Somatic embryogenesis from male flower of Giant Pineo and Silk Fig.

RIVAS, E., R. SILVA-ACUÑA. R. BARRIOS, D. MARK, P. COA, L. LÓPEZ, J. FARIÑAS, D. SANABRIA y M. MARCANO. Influencia de dos sistemas de labranza y profundidades de siembra sobre características agronómicas de siembra de la yuca en sabanas bien drenadas del estado Monagas..... **373**
Influence or two soil preparation systems and depth of sowing on some agronomic characteristics of cassava in the well drained savanna of Monagas State.

RODRÍGUEZ, B. y M. LÓPEZ. Evaluación de la fertilización biológica del frijol con cepas nativas de *Rhizobium* aisladas de un Ultisol de la altiplanicie del estado Guárico..... **381**
Evaluation of the biological fertilization on cowpea with nativa *Rhizobium* strains isoleted from an Ultisol in landplane Guarico State.

CANAL, R., O. ARNAUDE, A. ORTIZ DOMÍNGUEZ, B. VALVERDE y C. FUENTES. Caracterización morfológica de poblaciones de arroz maleza, en el Distrito de Riego del río Zulia, norte de Santander, Colombia..... **387**
Morphologic characterization of populations of rice weeds in Zulia river irrigation district, norte de Santander departament, Colombia.

DELGADO, R., E. CABRERA de BISBAL , B. ORTEGA y L. VELÁSQUEZ. Acumulación de materia seca, N, P y K en frijol cultivado bajo labranza mínima y convencional en un Mollisol de Venezuela..... **401**
Acumulation of dry matter, N, P and K in cowpea grown under minumum and conventional tillage in a Mollisol of Venezuela.

SILVA, A., I. TRUJILLO, M. VIDAL y V. PÉREZ. Evaluación de la inducción de variabilidad genética en cambur 'Manzano' (*Musa* AAB) a través de marcadores RAPD..... **413**
Evaluation of the induction of genetic variability in cambur 'Manzano' (*Musa* AAB) through markers RAPD.

ORTIZ DOMÍNGUEZ, A., L. LÓPEZ, M. CÁSARES y H. MORATINOS. Evaluación del banco de semilla de arroz maleza y voluntario en el suelo..... **423**
Evaluation of weedy rice and volunteer rice soil seed bank in one lot of La Lucía farm.

GARCÍA M., P. J., S. R. CABRERA P., A. A. PÉREZ C., R. J. SILVA D., R. M. ÁLVAREZ P., C. A. MARÍN R., P. P. MONASTERIO y M. D. SANTELLA Q. Estabilidad del rendimiento y potencial agronómico de cultivares de maíz de endospermo normal y QPM en zonas agroecológicas de Venezuela..... **433**
Yield stability and agronomic potential of maize cultivars with normal and QPM endosperm in a agroecological zone of Venezuela.

Artículos: **Pág.**

PÉREZ-ALMEIDA, I. y M. A. MONTOYA ARAMBURU. Calidad del grano y variabilidad genética de variedades y líneas de arroz del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)..... **445**
Grain quality of rice varieties and lines from the National Institute for Agricultural research (INIA).

VIVAS C., L. E., D. ASTUDILLO y J. POLEO. Monitoreo de *Tagosodes orizicolus* M. e incidencia del virus de la hoja blanca "VHB" en el cultivo de arroz en Calabozo, estado Guárico, Venezuela..... **457**
Monitoring of sogata *Tagosodes orizicolus* M. and incidence of white leaf virus "WLV" in rice in Calabozo, Guarico State, Venezuela.

MOGOLLÓN, J. P. Y A. MARTÍNEZ. Variación de la actividad biológica del suelo en un transecto altitudinal de Sierra de San Luis, estado Falcón..... **469**
Variation of Soil Biological Activity in an Altitudinal Transect of La Sierra de San Luis, Falcon State.

DÍAZ-LÓPEZ, A. A., R. VELÁSQUEZ SALAZAR y MARILÚ CHIRINOS. Efecto del tamaño del botón floral sobre la inducción de embriones somáticos en cacao..... **481**
Effect of the flower bud length on cocoa somatic embryogenesis

Nota Técnica:

BOLÍVAR, A., M. TORO, M. F. SANDOVAL y M. LÓPEZ. Importancia ambiental y socioeconómica de las micorrizas en el cultivo de cacao. Caso: Hacienda Cata, municipio Ocumare Costa de Oro, estado Aragua, Venezuela..... **491**
Environmental and cocioeconomic importance of mycorrhizae in cocoa crop. Case: Cata farm, Ocumare of the Gold Coast, Aragua State, Venezuela.

Índice Acumulativo

Instrucciones a los Autores

NOTA DE REDACCIÓN

La Editora y quienes conforman el Comité Editorial de la revista, agradecen a las personas que a continuación se mencionan, por el trabajo de revisión a los materiales que se publican en el Vol. 59, 2009:

Marco Acevedo	INIA - Guárico.
Vianel Rodríguez	UCLA. Edo. Lara. Venezuela.
Freddy Espinoza	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias
Freddy Leal	UCV. Facultad de Agronomía.
Gelis Torrealba	INIA - Guárico.
Tania Russián	UNEFM. Edo. Falcón Venezuela.
Marisol López	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Fernando Delgado	CIDITA - ULA. Edo. Mérida. Venezuela.
Belkis Rodríguez	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Duilio Torres	UCLA. Edo. Lara. Venezuela.
Juan Carlos Rey	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Eduardo Casanova	UCV. Facultad de Agronomía.
Francia Fuermayor	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Manuel Ávila Fundación	DANAC- Yaracuy. Venezuela.
Luis Arias (Jubilado)	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Alexis Zambrano	ULA. Edo. Mérida. Venezuela.
Enio Soto	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Pablo Parra	UCV. Facultad de Agronomía.
María Elena Morros	INIA - Lara.
Teresa Vargas	UCV. Laboratorio de Biotecnología Vegetal.
Magali Ruiz	UNEG. Edo. Guárico.
Editor Rivas	INIA - Monagas.
Tibisay Urdaneta	LUZ. Zulia. Venezuela.
Eustaquio Arnal	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Alejandra Ramírez	UCV. Facultad de Agronomía.
Rafael Montilla	INIA. Trujillo.
Edgar Torres	CIAT Cali-Palmira. Colombia.
Judith Poleo	INIA - Guárico.
Carmen Rivero	UCV. Facultad de Agronomía.
Lorenzo Velásquez	INIA - Portuguesa.
Rosa Mary Hernández	UNSR. Caracas- Venezuela.
Mingrelia España	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Nectali Rodríguez	UNEFM. Falcón. Venezuela.
María Angélica Ordóñez	INIA - Mérida.
Carelia Hidalgo	UCLA. Edo. Lara. Venezuela.
Carlos Rincones (J)	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Lianett Yépez	UNEFM. Edo. Falcón.
Miguel Ramón	INIA - Portuguesa.
Iselen Trujillo	UNSR. Caracas. Venezuela.
Carlos Marín	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.

../...continúa

../...continuación

Ana Casassa	LUZ. Edo. Zulia. Venezuela.
Pedro Monasterio	INIA - Yaracuy.
Judith Zambrano	ULA. Edo. Trujillo. Venezuela.
Blas Linares	INIA - Yaracuy.
Aída Ortiz	UCV. Facultad de Agronomía.
Juan Comerma (J)	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Aymara Sánchez	UCLA. Edo. Lara.
Luís Avilan (J).	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Emperatriz Pacheco	UCV. Facultad de Agronomía.
Yusmary Espinoza	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Evelina Pérez	UCV. Facultad de Agronomía.
Rodolfo Delgado	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Rosa Pavone	ULA - Trujillo. Venezuela.
Rosaura Briceño	INIA - Yaracuy.
Vanderlei da Silva Santos	EMBRAPA. Brasil.
Grigna Piña	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Hugo Ramírez Guerrero	UCLA. Edo. Lara. Venezuela.
Alfonso Ordosgoitti (J)	INIA. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Deyanira Lobo	UCV. Facultad de Agronomía.
Mercedes Pérez	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Jesús Aular	UCLA. Edo. Lara Venezuela.
Elena Medina	INIA - Yaracuy.
Maira Oropeza	UCV. Instituto de Biología Experimental, Caracas.
Bestalia Flores	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
Humberto Moratinos	UCV. Facultad de Agronomía.
Aldolfo Cañizares	INIA - Monagas.
Rafael Martínez	INIFAT. Inst.de Inv. Fund. en Agricultura Tropical. Cuba.
Morela Fuchs	INIA - CENIAP. Centro Nac. de Inv. Agropecuarias.
José Lazo	UCV. Facultad de Agronomía.
José Bustamante	INIA - Táchira.
Alvaro Anzalone	UCLA. Edo. Lara Venezuela.
Luditza Rodríguez	INIA - Portuguesa.
Olga Arnaude	UNET Edo. Táchira.
Ángel Torres	INIA - Táchira.
Eduardo Graterol	Fundación Danac. Edo. Yaracuy.
Oralys León	INIA - Monagas.

***

Damos las gracias igualmente al ingeniero agrónomo Elio Pérez por la elaboración del índice acumulativo del volumen de la revista.

EMBRIOGÉNESIS SOMÁTICA A PARTIR DE FLORES MASCULINAS DE PINEO GIGANTE Y CAMBUR MANZANO[1]

SOMATIC EMBRYOGENESIS FROM MALE FLOWER OF GIANT PINEO AND SILK FIG[1]

José G. Albarrán Rincón*, Adrián E. González-Pacheco*, Ohytza González Salcedo*, Efraín G. Salazar Yamarte*, Iselen E. Trujillo Díaz, Morela M. Fuchs Delgado* y María Ch. Torrealba Vargas***

[1] Trabajo financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), a través del Proyecto ID-ARA-05-001, titulado Estrategias de obtención de plantas de calidad en rubro frutales mediante biotecnología para el aumento de la competitividad de los sistemas de producción.

* Investigadores. INIA-CENIAP. Venezuela. E-mail: jgalbarran@inia.gob.ve, esalazar@inia.gob.ve, aegonzalez@inia.gob.ve, mfuchs@inia.gob.ve

** Profesora. UNESR. Centro de Estudios de Agroecología Tropical (CEDAT). Caracas. Venezuela. E-mail: iselen03@yahoo.es

RESUMEN

El banano es importante en Venezuela y en países tropicales por su contenido de vitaminas y minerales. La demanda de semilla sana y cultivares mejorados con resistencia a enfermedades, hace necesario recurrir a métodos biotecnológicos. El objetivo del trabajo fue inducir la embriogénesis somática (ES) y suspensiones celulares, mediante el cultivo *in vitro* de flores masculinas inmaduras, en los cultivares Pineo Gigante, *Musa* AAA y Cambur Manzano, *Musa* AAB, importantes en Aragua, Venezuela: Se seleccionaron flores entre las posiciones 6ª y 11ª de la yema floral reducida; para la ES se utilizó un medio de cultivo MS suplementado con biotina 1 mg l^{-1}, extracto de malta 0,1 g l^{-1}, glutamina 10 g l^{-1}, AIA 1 mg l^{-1} ANA 1 mg l^{-1}, 2,4-D (0, 2, 4 y 8 mg l^{-1}) y agarosa 7 g l^{-1}. Para la suspensiones celulares se usó el medio MS1 suplementado con 2,4-D 3 mg l^{-1}, caseína hidrolizada 0,4 g l^{-1}, azúcar 20 g l^{-1} y el MS2 suplementado con caseína hidrolizada 0,4 g l^{-1}, agua de coco 50 ml l^{-1}, 2,4-D 3 mg l^{-1}, arginina 50 mg l^{-1} y azúcar 30 g l^{-1}. Se realizó un estudio histológico para el cultivo inicial, callogénesis y ES. En el cultivar Pineo Gigante se obtuvieron callos friables con embriones en estado globular, evidenciado histológicamente, a los 6 meses de cultivo y suspensiones celulares 2 meses después. En Cambur Manzano se obtuvo callogénesis e inducción de ES en el medio MS-4 siempre en menor proporción que lo obtenido para Pineo Gigante. En Manzano, no se formaron suspensiones celulares.

Palabras Clave: Embriogénesis somática; *Musa*; *Musa* AAA; *Musa* AAB; flores masculinas; biotecnología; histología.

SUMMARY

Banana is a major crop in Venezuela as well as in most tropical countries, due to its high content of vitamins and minerals. Due to the high demand for healthy plants, and for genetically improved materials with resistance to diseases, biotechnology is an useful alternative to produce these plants. The objective of the present work is to induce somatic embryogenesis and cell suspensions in 'Giant Pineo' (*Musa* AAA) and 'Manzano' (*Musa* AAB), two economically important cultivars in Aragua, Venezuela, though the *in vitro* culture of immature male flowers. Flowers were selected from the 6th and 11th reduced flower bud. In order to induce somatic embryogenesis, MS culture medium, supplemented with biotin 1 mg l^{-1}, malt extract 0,1 g l^{-1}, glutamine 10 g l^{-1}, IAA 1 mg l^{-1}, NAA 1 mg l^{-1}, 2,4-D (0, 2, 4 y 8 mg l^{-1}) and agarose 7 g l^{-1} was used. Cell suspensions were obtained in MS1 medium supplemented with 2,4-D 3 mg l^{-1}, hydrolyzed casein 0,4 g l^{-1} and sucrose 20g l^{-1} and in MS2 medium supplemented with hydrolyzed casein 0,4 g l^{-1}, coconut water 50 ml l^{-1}, 2,4-D 3 mg l^{-1}, arginine 50 mg l^{-1} and sucrose 30 g l^{-1}. Histological studies at the initial culture, callogenesis and somatic embryogenesis stage were done. In Giant Pineo cultivar friable calluses were obtained. Globular somatic embryos (histologicaly evidenced) developed 6 months after culture. Cell suspensions were formed 2 months later. In Manzano cultivar callogenesis and somatic embrygenesis were obtained in MS-4 medium. No cell suspensions were obtained for this cultivar.

Key Words: Somatic embryogenesis; banana, male flower; biotechnology; histology 2,4-D: acido dichlorofenoxiacetic; IAA: indol acetic acid; NAA: naftal acetic acid.

RECIBIDO: septiembre 25, 2008

ACEPTADO: julio 13, 2009

INTRODUCCIÓN

El cultivo de bananos es importante en Venezuela debido a su alto contenido de nutrimentos (vitaminas y minerales) y gran aporte calórico (FAO, 2007). El Pineo Gigante y Cambur Manzano poseen buenas cualidades organolépticas y alta demanda para el consumo fresco, sin embargo, la baja calidad de la semilla en las regiones productoras, en particular su condición fitosanitaria, ha influido en la aplicación creciente de técnicas biotecnológicas para mejorar el cultivo.

En tal sentido, la embriogénesis somática (ES) representa un método biotecnológico de obtención de plantas sanas y de alta calidad con posibilidad de obtener variabilidad genética útil para la selección de plantas resistentes o tolerantes a patógenos (Escalant *et al*., 1994). Esta técnica fue desarrollada originalmente con el propósito de micropropagar masivamente, realizar fusión de protoplastos y mejorar genéticamente un cultivo. El callo embriogénico proporciona el material de inicio para el desarrollo de suspensiones de células embriogénicas (SCE). A partir de las SCE, es posible producir embriones y regenerar plantas (Strosse *et al*., 2003).

La ES proporciona una alternativa de regeneración *in vitro* confiable para conseguir los requerimientos de semillas necesarios para la producción agrícola (Escalant y Sandoval, 1989), así como para la transformación genética a partir de SCE, partiendo del origen unicelular del ES (Escalant *et al*., 1994).

La ES, aunque es un proceso morfogénico que permite obtener altos volúmenes de producción de plantas clonadas, en un período de tiempo corto y con menores costos, su empleo para la propagación comercial de banano aún es escaso (Ramírez *et al*., 2006).

En sus investigaciones Escalant y Sandoval (1989) señalaron que la respuesta embriogénica va a depender del tipo de explante, destacando la utilidad de las inflorescencias masculinas como fuente de callos embriogénicos. A partir de flores masculinas ha sido posible propagar plantas por ES en Pineo Enano (Escalant *et al*., 1994), así como en otros tipos de bananos, sin embargo, el porcentaje de yemas masculinas que forman callos embriogénicos depende del genotipo (Grapin *et al*., 1998). Cuando no es posible obtener flores masculinas, como en el caso de los plátanos, el cultivo de ápices caulinares, es una opción para inducir la ES (Schoofs, 1997) o el cultivo de flores femeninas.

La obtención de SCE bien establecidas a partir de callos embriogénicos provenientes del cultivo de flores masculinas o femeninas es necesaria para establecer un sistema de propagación masiva y se ha obtenido eficientemente en Pineo Enano con buenos resultados (Côte *et al*., 1996), así como en Curraré Enano (AAB) según (Grapin *et al*., 1998).

En musáceas, además del tipo de explante para la realización de ensayos confiables de cultivo de tejido e inducir ES, es necesario agregar en el medio de cultivo fuentes de nitrógeno como extracto de malta y caseína hidrolizada, y en algunos casos agua de coco, debido a que promueven la proliferación de callos embriogénicos en menor tiempo (Khalil *et al*., 2002).

El estudio morfogénico de los callos obtenidos es útil para la identificación de la etapa de desarrollo en el cual se encuentran en cada experiencia (Krikorian, 1986); este tipo de estudios ayuda a identificar la etapa óptima para realizar cultivo de células en suspensión; se ha señalado que la mejor es después de las 6 semanas del cultivo de iniciación embriogénica (etapa globular) según Jamaluddin y Novak, (1992).

En el caso de Cambur Manzano (AAB) son escasos los trabajos de ES, sin embargo (Houllou-Kido *et al*., 2005) la observaron a partir del cultivo de flores masculinas. En Venezuela destacan los trabajos realizados en Pineo Gigante por Trujillo y García (1999), utilizando como explante la base de las hojas y el regulador de crecimiento ácido 2,4- Diclorofenoxiacético (2,4-D); en el caso del cultivo de flores masculinas, Villegas *et al*. (2008) realizaron un estudio de la oxidación de los callos embriogénicos obtenidos.

El objetivo de este trabajo fue inducir la ES y SCE a partir del cultivo *in vitro* de flores masculinas inmaduras del cultivar comercial de banano Pineo Gigante y de Cambur Manzano; y corroborar la inducción de la ES mediante un estudio morfogénico e histológico de los callos obtenidos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Inducción de embriogénesis somática

Se recolectaron inflorescencias de 10 a 12 semanas de iniciada la floración en plantas de Pineo Gigante (AAA) Provenientes de la finca del productor agropecuario Tomás Malavé ubicada en el sector Paraparal, municipio

Libertador del estado Aragua (10°18'17"N; 67°58' 25"O) y de Cambur Manzano (AAB) del banco de germoplasma del INIA-CENIAP, Campo Experimental, Zona Universitaria, municipio Mario Briceño Iragorry, Maracay estado Aragua (10°28'85"N; 67°60'00"O).

Las inflorescencias se redujeron a un tamaño aproximado de 2 cm de longitud, y se desinfectaron mediante un lavado con jabón detergente comercial durante 5 min, seguido de alcohol 70% (v/v) durante 1 min y luego hipoclorito de sodio comercial 2,5% (v/v) durante 25 min. En condiciones asépticas, en campana de flujo laminar, se realizaron 3 lavados con agua destilada estéril y se procedió a aislar el explante con ayuda de un microscopio estereoscópico. Las flores se aislaron entre las posiciones 6ª y 11ª de la yema floral reducida.

Para el cultivo de las flores se utilizó un medio de cultivo de Murashige y Skoog MS (1962), suplementado con biotina 1 mg l^{-1}, extracto de malta 0,1 g l^{-1}, glutamina 10 g l^{-1}, Ácido Indol Acético (AIA) 1 mg l^{-1}, Ácido Naftalenacético (ANA) 1 mg l^{-1}, diferentes concentraciones de 2,4-D (ver Cuadro) y agarosa 7 g l^{-1}. El pH del medio de cultivo se ajustó a 5,8 y esterilizó en autoclave durante 25 min a 120 ºC, para posteriormente distribuirse en cápsulas de Petri estériles. Se cultivaron 5 explantes por cápsula de Petri para un total de 35 explantes por tratamiento, repitiéndose el experimento 2 veces. Los explantes se cultivaron durante 6 meses sin subcultivo en sala de crecimiento con fotoperíodo de 16 h de iluminación con luz blanca fluorescente a 15 $\mu mol.m^2.s^{-1}$ y 27 ± 1 ºC.

Inducción de suspensiones celulares

Para inducir las suspensiones celulares se cultivaron aproximadamente 100 ± 0,01 mg de callos embriogénicos de color blanquecino o cremoso en 10 erlenmeyer de 50 ml con los siguientes medios de cultivo líquido:

MS1: MS, caseína hidrolizada 0,4 g l^{-1}, 2,4-D 3mg l^{-1}, azúcar 20g l^{-1}.
MS2: (Liu *et al*., 1989): MS, caseína hidrolizada 0,4 g l^{-1}, agua de coco 50 ml l^{-1}, 2,4-D 3 mg l^{-1}, arginina 50 mg l^{-1}, azúcar 30 g l^{-1}.

El pH del medio de cultivo se ajustó a 5,8 esterilizándose en autoclave durante 25 min a 120 ºC. Los callos se colocaron en un agitador orbital a 100 rpm durante 2 meses con cambios de medio cada 15 d, iluminación de 15 µmol m^2 s^{-1} de intensidad lumínica y temperatura de 27 ± 1 ºC.

CUADRO. Concentración de 2,4-D utilizada en los tratamientos de inducción de embriogénesis somática en cultivo de flores inmaduras de Pineo Gigante y Cambur Manzano.

Tratamiento	Conc. 2, 4-D (mg L)
MS-0 (Control)	0
MS-2	2
MS-4	4
MS-8	8

La viabilidad celular se determinó colocando una gota de colorante Azul de Evans al 1% en cada muestra de suspensión celular de 1 ml, aproximadamente, procediéndo a la observación y conteo al microscopio óptico con el uso de un hematocitómetro después de transcurridos 15 min.

Análisis histológico

Se realizaron cortes histológicos en 3 etapas del cultivo: iniciación, callogénesis y embriogénesis, que consistió en fijar muestras de flores con 2 d de cultivo y callos friables de 1, 2 y 6 meses de cultivo, en una mezcla de Formaldehído, Ácido acético y Alcohol etílico.

La técnica histológica utilizada consistió en una deshidratación a partir de una serie de alcohol butílico terciario a diferentes concentraciones (Castillo, 2003); posteriormente el material vegetal se infiltró con parafina a 63 ºC durante 1 h, se realizaron 3 cambios de parafina, en el último cambio las muestras permanecieron 24 h. La tinción se realizó en una batería a base de safranina y fast green (Roth, 1964). Finalmente, se hicieron las observaciones en un microscopio óptico marca Leitz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Inducción de embriogénesis somática y suspensiones celulares

El efecto del 2,4-D sobre la respuesta morfogénica en flores masculinas de Pineo Gigante (AAA) cultivadas *in vitro* se observa en la Figura 1. La ausencia de 2,4-D en el medio de cultivo (MS-0) y una concentración rela-

tivamente baja de 2,4-D (2 mg l^{-1};MS-2), influyó sobre los porcentajes promedio relativamente altos de necrosamiento y ensanchamiento de las flores (48,4 y 42,8%, respectivamente para MS-O y 37,1 y 47,0 para MS-2) y poca formación de callos friables (2,8%).

El uso de una concentración de 2,4-D de 4 mg l^{-1} (MS-4) indujo la formación de un 24,2 % de callos embriogénicos en los explantes y 2,8% de callos friables. La duplicación en la concentración de 2,4-D (8 mg l^{-1}; MS-8), disminuyó a 2,8% la formación de callos embriogénicos. Esta concentración relativamente alta de 2,4-D indujo, además, altos valores de necrosamiento de los explantes sin ningún cambio morfogénico y ensanchamiento de las flores durante el período de cultivo de 6 meses. Concluyebdo que el porcentaje de contaminación de los explantes fue muy bajo (1,4%).

El porcentaje de formación de callos embriogénicos (24,2% en MS4), concuerda con la Grapin *et al*. (1998), donde generalmente en bananos la tasa de obtención de callos embriogénicos a partir del cultivo de flores masculinas es relativamente baja y dependiente del genotipo, así se presentó 40% para Pineo Enano y 5% para Gros Michel.

Por otro lado, Escalant *et al*. (1994), observaron la inducción de callos embriogénicos utilizando concentraciones similares de 2,4-D (4 mg l^{-1}), pero a diferencia de estos autores, en el experimento se agregó al medio de cultivo una fuente adicional de nitrógeno (glutamina y caseína hidrolizada), que se conoce promueve la ES (Khalil *et al*., 2002), sin embargo, los porcentajes de inducción de ES permanecieron relativamente bajos.

El efecto del 2,4-D sobre la respuesta morfogénica en flores masculinas de cambur manzano (AAB) se observa en la Figura 2. El tratamiento control MS-0 no indujo ningún tipo de respuesta morfogénica, comparado con el mismo tratamiento en Pineo Gigante donde se observó ensanchamiento de las flores y un porcentaje bajo de callos friables. Con el tratamiento MS-2 (2,4-D 2 mg l^{-1}) se observó ensanchamiento de la flor y alto porcentaje de explantes sin respuesta. En MS-4 (2,4-D 4 mg l^{-1}), se obtuvo un porcentaje considerablemente alto de explantes sin respuesta (50%), pero fue el único tratamiento donde se indujo la formación de callos friables y embriogénicos; sin embargo, la formación de éste último fue bajo (4,2%). El tratamiento MS-8 propició el ensanchamiento de la flor, notándose una coloración verde de las flores y un alto porcentaje de explantes sin respuesta (54%).

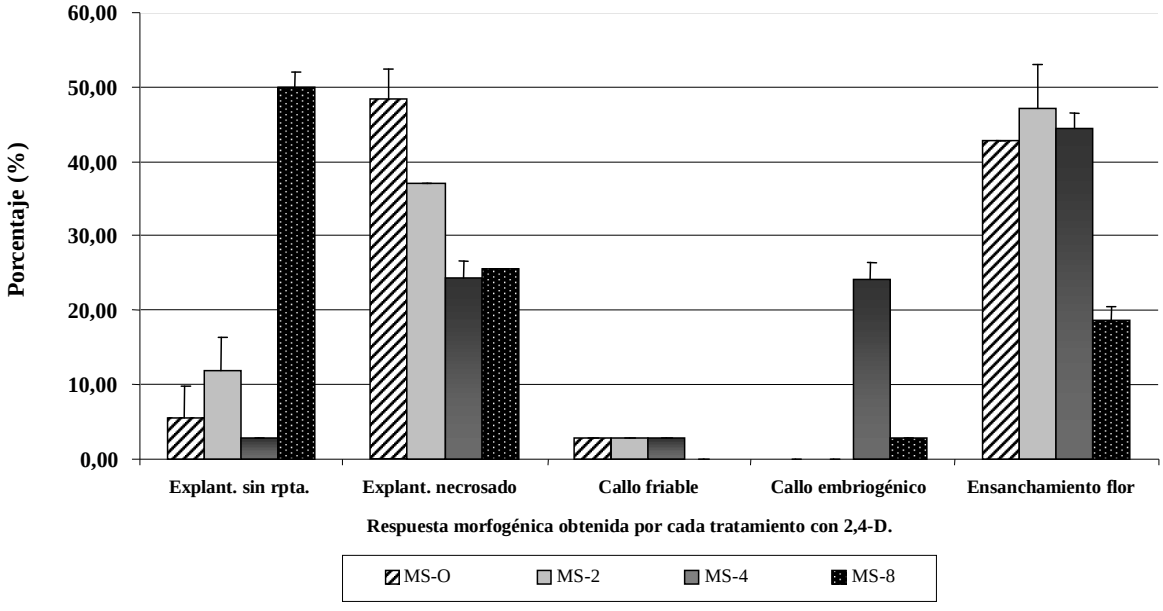


FIGURA 1. Respuesta morfogénica obtenida del cultivo *in vitro* de flores masculinas inmaduras de Pineo Gigante en un medio de cultivo con diferentes concentraciones de 2,4-D.

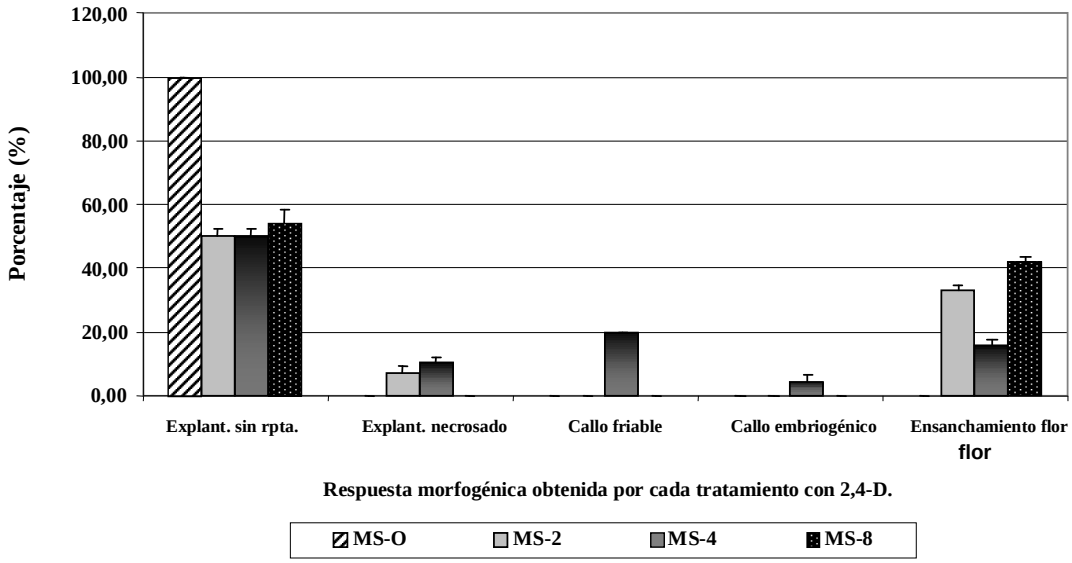


FIGURA 2. Respuesta morfogénica obtenida del cultivo *in vitro* de flores masculinas inmaduras de Cambur Manzano en un medio de cultivo con diferentes concentraciones de 2,4-D.

Estos resultados indican que el uso de un medio de cultivo MS con la adición de las auxinas AIA, ANA, fuentes adicionales de nitrógeno y 2,4-D a la concentración de 4 mg l^{-1} permitió obtener ES tanto en Pineo Gigante (AAA) como en Cambur Manzano (AAB). La diferencia en la respuesta obtenida entre los 2 tipos de musáceas es dependiente del genotipo. Se ha considerado que el potencial embriogénico de los genotipos de *Musa* aumenta con la presencia de cromosomas B. De esta manera, plátanos (AAB) y otros genotipos como ABB poseen mayor respuesta a la producción de callos y suspensiones embriogénicas que los genotipos AAA.

En el experimento probablemente otros factores genéticos o fisiológicos influyeron para que el porcentaje de callos embriogénicos en Cambur Manzano fuera menor que el obtenido en Pineo Gigante, tal como la formación de compuestos fenólicos. De los 2 cultivares, en Cambur Manzano se observó la liberación de sustancias fenólicas al medio de cultivo, lo cual debió influir en la respuesta morfogénica obtenida.

La oxidación fenólica provoca un fenómeno de ennegrecimiento que ocurre por acción de enzimas tipo polifenoloxidasas y tirosinasas que se liberan o sintetizan cuando los tejidos sufren heridas, como las ocasionadas al realizar cortes para extraer los explantes (Ramírez, 1998; Anderson y Ievinsh, 2002), lo que podría implicar que las oxidaciones fenólicas fuertes debido a los numerosos cortes que deben realizarse en los explantes para su iniciación *in vitro*, podrían inhibir el crecimiento de los mismos y hacer que pierdan su viabilidad. Sin embargo, Trujillo y García (1999) señalan que la oxidación no constituyó un factor inhibitorio en la inducción de ES en diversos clones de musáceas; y Villegas *et al*. (2008) determinaron que seccionando la bellota con las inflorescencias masculinas y cultivando los explantes en la oscuridad se reducía drásticamente el proceso de oxidación de los explantes.

En el experimento aunque no se utilizó oscuridad total, los explantes se encontraban en condición de muy baja intensidad de iluminación o penumbra, lo que disminuyó la posibilidad de oxidación de los explantes, sin embargo, en Cambur Manzano la generación de compuestos fenólicos al medio de cultivo, pudo afectar el porcentaje de callos embriogénicos obtenido.

Suspensiones celulares

Se observó la formación de células o agregados celulares en suspensión en uno de los erlenmeyer del cultivar Pineo Gigante (10%), en el medio de cultivo MS2. La suspensión celular se obtuvo a los 2 meses de cultivo con apariencia homogénea, de color beige y con alto porcentaje de viabilidad (85%). El medio de cultivo MS2 se diferencia del MS1, en que el primero presenta en su composición agua de coco y una mayor concentración de sacarosa; posiblemente estos compuestos influyen en la iniciación de una suspensión celular en Pineo Gi-

gante y futuro establecimiento de suspensiones celulares de muy buena calidad para la regeneración de plantas. En el caso de Cambur Manzano no se obtuvieron suspensiones celulares en ninguno de los medios de cultivo utilizados.

La tasa de éxito de la iniciación de una SCE de buena calidad depende de la calidad y volumen de los callos embriogénicos seleccionados. En el caso de las monocotiledóneas es necesario iniciar cientos de explantes para obtener un callo embriogénico de buena calidad e igualmente ocurre para obtener una suspensión celular de buena calidad. En algunos casos dependiendo del genotipo una suspensión celular puede tardar entre 7 y 14 meses (Strosse *et al*., 2003).

El desarrollo reciente de SCE abre la posibilidad para la producción masiva de plantas de banano a bajo costo (Haicour *et al*., 1998), sin embargo, la tasa de regeneración de plantas a través de este proceso no es alta, lo que es limitante para considerarlo como una alternativa para procesos eficientes de multiplicación *in vitro*.

Análisis histológico

En la Figura 3 se observa, la callogénesis a los 4 meses de cultivo para Pineo Gigante en medio M1-4, ya que en Cambur Manzano la callogénesis fue relativamente baja. En la Figura 3a y 3b se observa la formación de callos friables con células parenquimáticas en activa división celular, pero aún no se observan estructuras embriogénicas.

En la Figura 4a se observa la morfología de un callo embriogénico en Pineo Gigante de color blanco-cremoso y friable; y en la Figura 4b, embriones globulares totalmente separados del tejido materno, con una capa de células epidérmicas bien definida que delimitan el embrión, así como una fuerte tinción de las células parenquimáticas que poseen un citoplasma denso. Vidal *et al*. (2000) demostraron el origen ontogenético de los ES en bananos, demostrando que procedían del parénquima perivascular en el caso de cultivo de hojas. En este caso, la adición de citocininas no favoreció el desarrollo posterior de los embriones globulares observados.

Con respecto a los otros medios de cultivo, se mencionan que los ES obtenidos fueron escasos. En la Figura 5 se observan flores masculinas ensanchadas y con necrosamiento de Pineo Gigante cultivadas en medio de cultivo M1-0, así como también la flor inmadura *in vivo* en donde se presentan las posiciones en las cuales, se extrajeron los explantes.

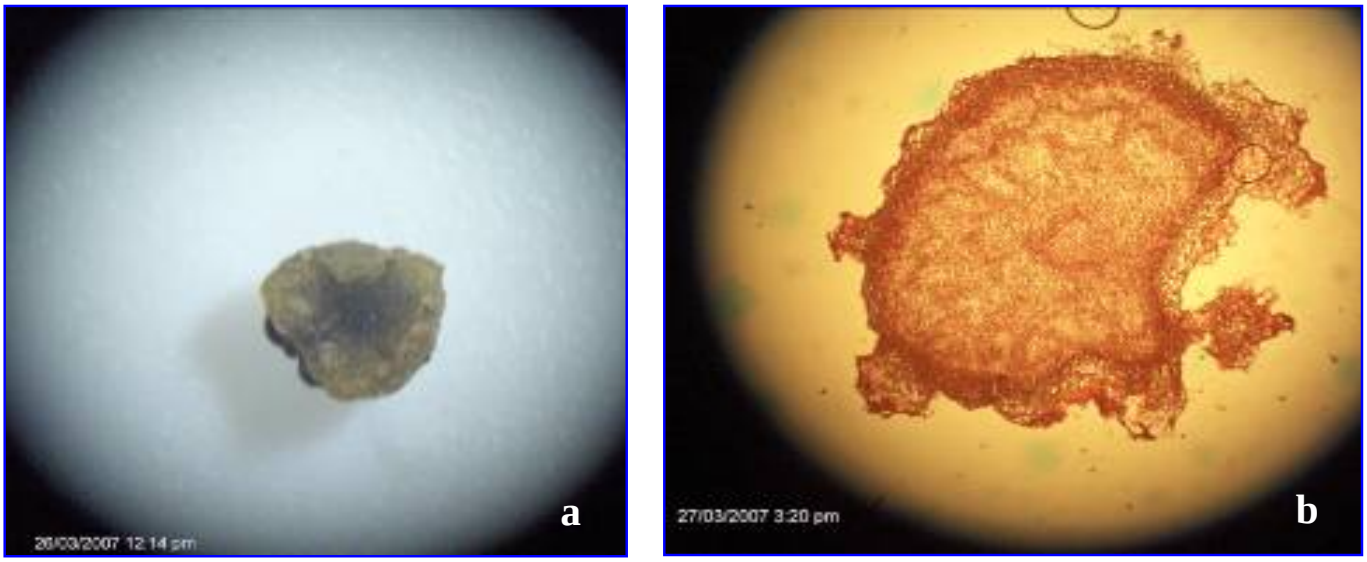


FIGURA 3. **a.** Vista a 4X de callos no embriogénicos de Pineo Gigante inducido en medio M1-4. **b.** Fotomicrografía a 20X de callogénesis. La formación de callo se obtuvo entre los 4 y 6 meses de cultivo.

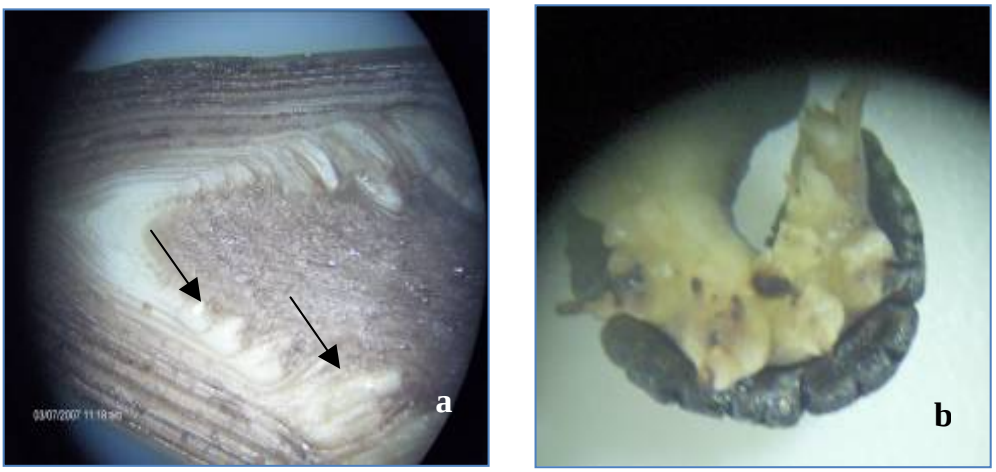


FIGURA 4. **a.** Callos embriogénicos de Pineo Gigante inducido en un medio M1-4, visto a 4X. **b.** Fotomicrografía a 40X de callo embriogénico de Pineo Gigante inducido en un medio M1-4. Los callos obtenidos poseen 6 meses de edad.

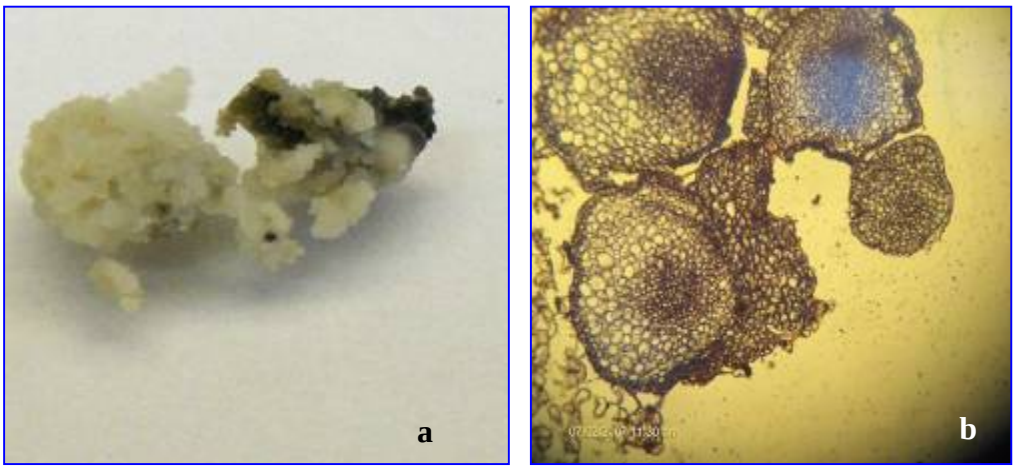


FIGURA 5. **a**. Flor inmadura de Pineo Gigante en donde se observa desde la 6° hasta la 11° posición en los cuales se extrajeron los explantes **b.** Flores masculinas de Pineo Gigante en medio M1-0, nótese el ensanchamiento de las flores sin ninguna respuesta morfogénica, vista a 4X.

CONCLUSIONES

- El análisis morfogénico e histológico efectuado reveló que el mejor medio de cultivo para la inducción de ES de los cultivares en estudio fue el M1-4 debido a su capacidad de inducir ES, y esto se relaciona con la concentración de 2,4-D utilizada (4 mg l^{-1}). Los resultados obtenidos en esta investigación indican que concentraciones mayores de esta hormona o su ausencia no promueven la ES para Pineo Gigante.

- La oxidación fenólica resultó un factor determinante en el porcentaje de callo embriogénico obtenido para Cambur Manzano, donde la liberación de compuestos fenólicos fue mayor que para Pineo Gigante, clon que no representó un problema en su establecimiento *in vitro.*

- Existe un efecto del genotipo en la respuesta obtenida y en el caso del Cambur Manzano presenta cierta recalcitrancia a los tratamientos en estudio.

- La composición del medio de cultivo MS2 fue efectivo en la iniciación de una SCE y puede contribuir en el establecimiento de SCE de buena calidad para la regeneración masiva de plantas de Pineo Gigante.

BIBLIOGRAFÍA

Anderson, U. and G. Ievinsh. 2002. Changes of morphogenic competence in mature Pinus sylvestris L. buds *In vitro*. Annals of Botany 90(2):293-298.

Castillo, E. 2003. Proliferación de yemas para la embriogénesis somática en tres variedades de *Musa*. Tesis de Pregrado. San Juan de Los Morros. Venezuela. Universidad Experimental Rómulo Gallegos. 50 p.

Côte, F., R. Domergue, S. Monmarson, J. Schwendiman, C. Teisoon and J. Escalant. 1996. Embryogenic cell suspensions from the male flower of *Musa* AAA cv. Grand nain. Physiologia Plantarum 97:285-290.

Escalant, J., C. Teisson and F. Côte. 1994. Amplified somatic embryogenesis from male flowers of triploid banana and plantain cultivars (*Musa* spp.). *In vitro* Cell. Dev. Biol. 30P: 181-186.

Escalant, J. y J. Sandoval. 1989. Inducción de callos, suspensión de células y posibilidades de regeneración en *Musa* sp. previa presión de selección. **In:** 9na Reunión de la Asociación para la Cooperación en Investigaciones de Banano en El Caribe y América Tropical. Resúmenes, Mérida, Venezuela. p. 35-42.

Grapin, A., J. Ortíz, R. Domergue, J. Babeau, S. Monmarson, J. Escalant C. Teisson y F. Côte. 1998. Obtención de callos embriogénicos, iniciación y regeneración de suspensiones celulares embriogénicas a partir de flores inmaduras masculinas y femeninas de *Musa*. INFOMUSA. 7(1):13-15.

Haicour, R., V. Bui Trang, D. Dhed'a, A. Assani, F. Bakry and F. X. Cote. 1998. Banana improvement through biotechnology-ensuring food security in the 21st century (Abstract in English). Cahiers Agricultures 7:468-475.

Houllou-Kido, L., E. Kido, M. Falco, M. Silva, A. Vargas, N. Nogueira, M. Lanzoni and A. Tulmann. 2005. Somatic embryogenesis and the effect of particle bombardment on banana Maçã regeneration. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 40(11):1 081-1 086.

Jamaluddin, S., and F. Novak. 1992. Somatic embryogenesis and plant regeneration of banana cultivars, *Musa* cv. Mas (AA) and *Musa* cv. Rastali (AAB). **In:** Proceeding: International Symposium on Recent Development in Banana Cultivation Technology (Valmayor RV y col eds). INIBAP/ ASPNET. Los Baños. Filipinas. pp. 201-212.

Khalil, S., K. Cheah, E. Pérez and D. Gaskill. 2002. Regeneration of banana (*Musa* spp. AAB cv. Dwarf Brazilian) via secundary somatic embryogenesis. Plant Cell REp. 20: 1128-1134.

Krikorian, A. 1986. Callus and cell culture, somatic embryogenesis, androgenesis and related tecniques for *Musa* improvement. Proceedings of an International Workshop held at Cairns. INIBAP. Camberra. 21:128-135.

Liu, J., E. Rosa, E. Lizardi, A. Arocho, N. Díaz y J. A. Rodríguez, 1989. *In vitro* Propagation of Plantain (*Musa acuminata* x *M. balbisiana* AAB) and banana (*M. acuminata* AAA) in Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico. 73(1):51-58.

Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiol. Plant. 15:473-490.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2007. FAOSTAT. [En línea]. Datos estadísticos de consumo calórico de los principales cultivos en Venezuela. [Consultado: 03.03.2007]. [Disponible:] http://faostat.fao.org/site/556/DesktopDefault.aspx?PageID=556

Ramírez, M. 1998. Tratamientos a plantas madres y al explante para el establecimiento *in vitro* del guayabo (*Psidium guajava* L.). Trabajo de Grado. Maracaibo, Ven. La Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. División de Estudios para Graduados. Programa Fruticultura. Venezuela. 132 p.

Ramírez, M., E. García and H. Finol. 2006. Ultrastructural studies on embryogenic and non embryogenic calluses from Williams' banana (*Musa* spp.). Agronomía Trop. 56(4):615-620.

Roth, I. 1964. Microtécnica Vegetal. Escuela de Biología. Caracas. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. 88 p.

Schoofs, H. 1997. The origin of embryogenic cells in Musa. Dissertationes de Agricultura 330. Katholieke Universiteit Leuven, Belgium. 257 p.

Strosse, H., R. Domergue, B. Panis, J. V. Escalant and Côte; F. 2003. Suspensiones de células embriogénicas de banano y plátano (A. Vézina y C. Picq, eds). Guías técnicas INIBAP 8. Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano, Montpellier, Francia. 36 p.

Trujillo, I. and E. García. 1999. Somatic embryogenesis *in vitro* of *Musa* clones. PHYTON 64:7-17.

Vidal, M., T. Vargas y E. García. 2000. Estudios anatómicos y morfológicos de la iniciación de embriones somáticos obtenidos a partir de ápices meristemáticos de *Musa* spp. Acta científica Venezolana. 51(2):78-83.

Villegas, F. Z., A. C. Giménez, P. J. Vilchez, M. Moreno, L. Sandoval y M. Colmenares. 2008. Oxidación en la inducción de la embriogénesis somática a partir de flores masculinas inmaduras de Gran Enano (*Musa* AAA). Rev. Fac. Agron. 25(3):

Agronomía Trop. 59(4): 373-379. 2009

INFLUENCIA DE DOS SISTEMAS DE LABRANZA Y PROFUNDIDADES DE SIEMBRA SOBRE CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LA YUCA EN SABANAS BIEN DRENADAS DEL ESTADO MONAGAS

INFLUENCE OF TWO SOIL PREPARATION SYSTEMS AND DEPTH OF SOWING ON SOME AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF CASSAVA IN THE WELL DRAINED SAVANNA OF MONAGAS STATE

Editor Rivas*, Ramón Silva-Acuña*, Renny Barrios*, Delvalle Mark*, Pedro Coa*, Lorenzo López*, José Fariñas*, Damelys Sanabria* y Miguelina Marcano*

*Investigadores. INIA-Monagas. Maturín, estado Monagas. E-mail: erivas@inia.gob.ve

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la influencia de los sistemas de siembra directa (SD) y labranza convencional (LC) a 2 profundidades de siembra (0,05 y 0,10 m) sobre características agronómicas en el cultivo de la yuca, *Manihot esculenta* Crantz, se instaló un ensayo en el Campo Experimental Santa Bárbara, municipio Santa Bárbara, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola, Monagas-Venezuela, durante el ciclo de siembra 2007-2008. El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas con 4 repeticiones, la parcela experimental constó de 60 m^2. Se cuantificó, la altura de planta (AP), diámetro del tallo (DT), número de raíces totales (NRT), rendimiento (R), esfuerzo de arrancado, porcentaje de almidón y materia seca al momento de la cosecha. Los resultados obtenidos indican que entre los sistemas de labranza existen diferencias significativas (P≤0,05) para las variables AP y NRT, mientras que para las profundidades de siembra y para la interacción no se observaron diferencias estadísticas. Se presentó correlación positiva (P≤0,05) entre las variables AP y DT, AP y esfuerzo de arrancado, DT y R en el sistema de SD. En el sistema de LC la correlación positiva (P≤0,05) se presentó entre las variables porcentaje de almidón y NRT y esfuerzo de arrancado y NRT.

Palabras Clave: *Manihot esculenta* Crantz; siembra directa; labranza convencional; raíces totales; esfuerzo de arrancado.

SUMMARY

This work was conducted in the Santa Bárbara Experimental Field, Santa Barbara County of National Institute of de Agricultural Research, Monagas-Venezuela, during the period 2007-2008. The objective was to evaluate the systems of direct (SD) sowing and conventional (CS) under different depths of seeding (0.05 and 0.10 m) in the cultivation of cassava. The experimentl plot had 60 m, and it was used a split plot design, with 4 repetitions. The evaluated variables were: plant height (PH), stem diameter (SD), total number of roots (TNR), yield, harvest effort, percentage of starch and dry matter. The statistical analysis did not show significant differences (P≤0,05) for the interaction systems of soil preparation and planting depth, in any of the variables; however, significant differences (P≤0,05) were observed when the comparison was made between the systems of soil preparation in the variables PH and TNR. In the SD sowing it was observed a positive correlation P≤0,05) between stem diameter and PH, height and effort of harvesting, SD and yield. In the CS, the correlation was positive (P≤0,05) between percentage of starch and TNR, and between effort of harvesting and TNR.

Key Words: *Manihot esculenta* Crantz; direct sowing; conventional tillage; total root; harvest effort.

RECIBIDO: diciembre 09, 2008

ACEPTADO: junio 25, 2009

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la yuca, *Manihot esculenta* Crantz, amarga en el estado Monagas se establece generalmente en la sabana bien drenadas en superficies que oscilan desde 1 a 400 ha, correspondientes a pequeños y grandes productores, respectivamente. El sistema de preparación de suelos que generalmente utilizan los agricultores en las sabanas de Monagas es el sistema convencional (SC), que se realiza con 2 a 4 pases de la rastra de discos. El uso continuo de este sistema de labranza a traído como consecuencia que los suelos arenosos del sur del estado presenten problemas de degradación y agotamiento, lo cual ha obligado a los productores de esa zona a utilizar sistemas de manejo que permitan la conservación del suelo y agua (CLAYUCA, 2002).

La labranza se refiere a las diferentes manipulaciones mecánicas de los suelos con el fin de mantenerlos en condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos. Por otra parte, existen diferentes tipos de labranza: la labranza convencional (LC) caracterizada, entre otros aspectos, por el laboreo intensivo del suelo y/o la quema de rastrojo; y la conservacionista, el cual incluye prácticas que ayuden a conservar las características deseables del suelo y la conservación del agua (Delgado, 1987; ECAF, 1999).

En sus trabajos Barros citado por Carvalho *et al*. (2007) afirma que, debido a que la yuca es un cultivo cuyas raíces tuberosas exploran elevado volumen de suelo, requieren que los mismos estén bien preparados; sosteniendo además, que su preparación facilita el surcado y el control de plagas; mientras que, la siembra directa (SD) con el uso de plantas de cobertura al suelo pueden aumentar la sustentabilidad del sistema de producción de la yuca, ya que ofrece condiciones más favorables para el crecimiento y desarrollo de esta planta (Otsuvo *et al*., 2008). Al respecto, Fey *et al*. (2005) señalan que en algunas localidades productoras de yuca en Brasil, los resultados en algunos experimentos conducido bajo SD han sido inconsistentes.

El objetivo del estudio fue evaluar la influencia de dos sistemas de labranza y profundidades de siembra sobre las características agronómicas del cultivo de la yuca en un suelo de la sabana bien drenada del estado Monagas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue instalado en el Campo Experimental Santa Bárbara, municipio Santa Bárbara, ubicado al sur-oeste del estado Monagas, en el ciclos de siembra 2007-2008. El municipio Sta. Bárbara se sitúa a 9°36' latitud norte y 63°36' longitud oeste con una altitud media de 195 m. Presenta un clima semiárido y megatérmico según Thornthwaite (MARNR-Gobernación del estado Monagas, 1984), la temperatura media anual de 26,6 °C y la precipitación media anual 1 029 mm, con humedad relativa media anual de 71,0% (Marcano, 2002). Los datos referentes a la precipitación, evaporación y disponibilidad hídrica del suelo durante el período 2007-2008, son mostrados en la Figura, en ésta se muestra que la lluvia tiene carácter estacional, ya que hay un período de adecuada disponibilidad de humedad que va desde mayo a octubre (época lluviosa) y un período de déficit que comienza en noviembre y termina en abril, donde la evaporación supera a la precipitación.

Los suelos correspondientes al área experimental en años anteriores fueron sembrados con maíz, utilizando LC (2 a 4 pases de rastra de disco) y fueron clasificados taxonómicamente en Arenic Paleustults francosa, gruesa, mixta, isohipertérmica, textura superficial arenosa, pendiente 1-4 %; desde el punto de vista físico este suelo presenta una densidad aparente de 1,57 gr cm^{-3} y una macroporosidad y microporosidad de 22,4% y 23,3%, respectivamente (Rivas, 1990).

El análisis químico del área experimental fue realizado a la profundidad de 0-30 cm y mostró lo siguiente resultados: pH= 5,1; P=11,1 mg kg^{-1}; Ca+2= 0,74 cmol kg^{-1}; Mg+2 = 0,20 cmol kg^{-1}; Al+3= 0,0 cmol kg^{-1}; K+2 = 0,01 cmol kg^{-1}; Zn= 0,32 mg kg^{-1}; Cu = 0,20 mg kg^{-1}; Mn =2,04 mg kg^{-1}; Fe =8,40mg kg^{-1}. Con el objetivo de cubrir las necesidades químicas del cultivo se hizo una fertilización básica descrita a continuación: 100 kg ha^{-1} N; 100 kg ha^{-1} P_2O_5; 130 kg ha^{-1} K_2O y 45 kg ha^{-1} MgO (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del Estado Anzoátegui 2007).

Los tratamientos consistieron en 2 sistemas de preparación de suelo con 2 profundidades de siembras: 0,05 y 0,10 m de la superficie. Los sistemas de preparación de suelo fueron la SD la cual consistió en un pase de rotativa, y la aplicación de Glifosato® a razón de 3,0 l ha^{-1}, una semana antes de la siembra; y el sistema convencional (SC) que comprendió la aplicación de 4 pases de rastra de disco. El Hierbatox® a razón de 2,0 kg ha^{-1} como preemergente se aplicó en el momento de la siembra en ambos sistemas. Los esquejes fueron sembrados de forma horizontal en hoyos abiertos para tal fin.

Con relación a las evaluaciones realizadas en la planta, se cuantificó: altura de planta (AP), rendimiento de

raíces tuberosas (RRT) y el diámetro del tallo. La AP se hizo con una cinta métrica; el RRT se realizó manualmente; y el diámetro del tallo (DT) se efectuó con un calibrador digital a 0,40 m por encima del suelo y entre los entrenudos. La AP y el DT se hicieron en 5 plantas del área efectiva de la parcela experimental; en tanto que para el rendimiento se tomaron en cuenta la totalidad de las plantas del área efectiva (Descriptores de yuca,1978).

El esfuerzo de arrancado se determinó con un dinamómetro de 100 kgf en 5 plantas, para lo cual, se utilizó una palanca elevadora de ¾ de tonelada a objeto de simular el arrancado manual de la planta. El porcentaje materia seca (MS) se determinó tomando una raíz comercial al azar de 5 plantas, la cual fue lavada, pelada y trozada. Posteriormente se tomaron 50 g y se colocaron en una estufa a 70 °C hasta peso constante.

El porcentaje de almidón fue obtenido por análisis mecánico en tamiz molecular de 45 µm (Wheatley, 1991). El diseño experimental utilizado fue de parcela dividida con 4 repeticiones, en el cual la parcela principal correspondió a los sistemas de labranza y la subparcela a la profundidad de siembra. Se generaron 16 unidades experimentales, las cuales contaron con 10,0 m de largo y 6,0 m de ancho, constituyéndose parcelas experimentales de 60 m^2.

El espaciamiento entre hilo de siembra fue de 1,0 m y entre plantas de 0,80 m, para una población total de 12 500 por ha. Se utilizó un clon de selección "Bonifacia", con excelentes características agronómicas de adaptabilidad a las condiciones agroecológicas de la sabana del estado Monagas (Velásquez, 1995). Los valores obtenidos de las variables cuantificadas fueron examinadas estadísticamente por medio de análisis de varianza y sus valores promedios comparadas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Se correlacionaron las respuestas de las variables cuantificadas por la correlación de Pearson al 5%, con el objetivo de vincular sus posibles interrelaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de comenzar a discutir los resultados por variables evaluadas es importante destacar que la interacción sistemas de labranza y profundidad de siembra (PS) no fue significativa (P=0,05) en ningunas de las variables estudiadas. Es probable, que este resultado se deba a que durante el desarrollo de este experimento el cultivo de la yuca presentó buena disponibilidad hídrica en el suelo (ver Figura), sobre todo en el momento crítico de acumulación de almidón en las raíces, lo cual no permitió que se expresaran los elementos componentes de la interacción. Investigación realizada por Pequeno *et al*. (2007) demostró que cuando las condiciones climáticas no son restrictivas los sistemas de labranza se comportan de manera similar.

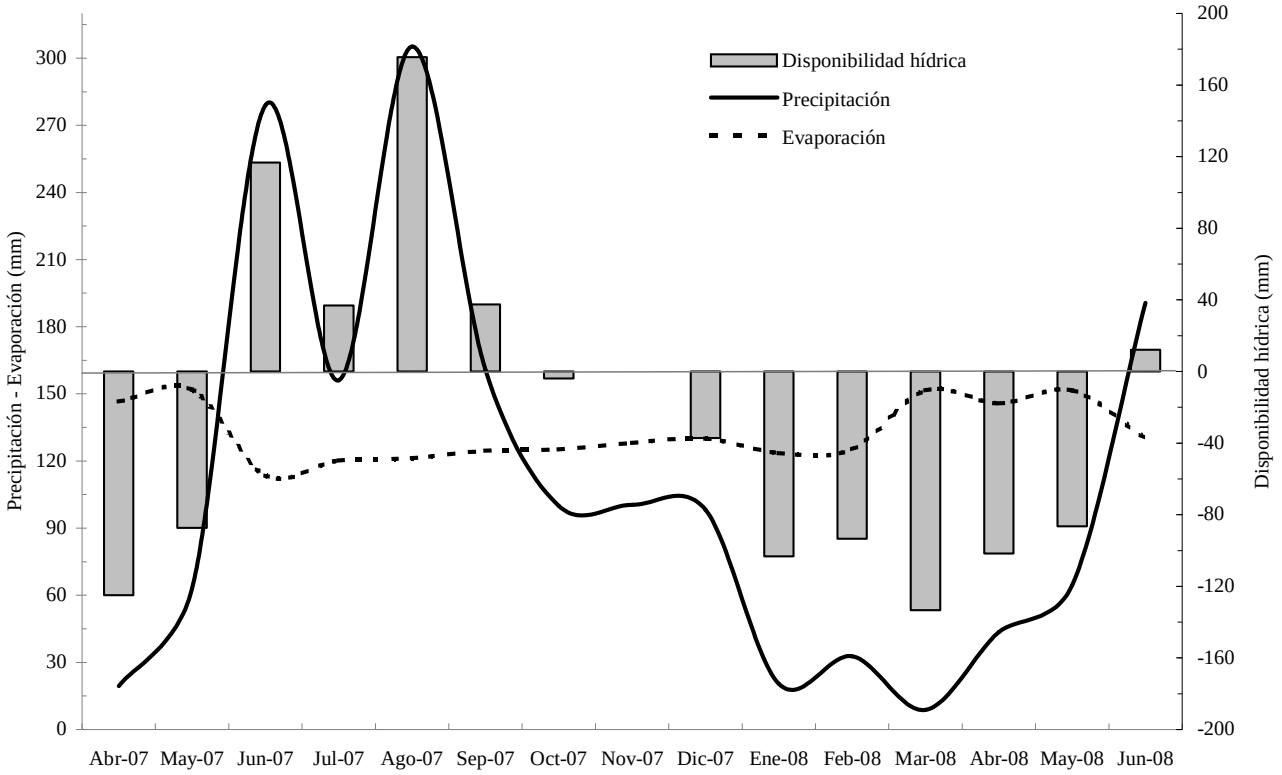
Altura de la planta, diámetro de tallo y rendimiento

Se constató que no hubo diferencias significativas para la interacción sistemas de preparación de suelo con profundidad de siembra (P≥0,05); sin embargo, en el sistema de SD a la profundidad de 0,10 m, la AP y el R fue mayor en comparación con la PS a 0,05 m. Este resultado, probablemente, es debido a la colocación la semilla a mayor profundidad lo cual trajo como consecuencia que las raíces de la planta tuviese mejor condición para explorar en el perfil del suelo (Cuadro 1).

Resultados similares fueron señalados por Filho *et al*. (2003) con relación al R en raíz. Por otro lado, aún cuando desde el punto de vista estadístico no hay diferencia significativas, se puede señalar que para el SC y en la PS a 0,05 m, las características AP y R resultaron superiores cuando son comparados con la PS a 0,10 m. En ensayo con cultivo de yuca realizado en sabana bien drenada del estado Monagas, Velásquez y Ortega Cartaya (1994) mostraron a la profundidad de 0,05 m R en raíz superiores con respecto a 0,10 m., argumentando que se debió a un contenido de humedad adecuado presente en esa profundidad.

Entre sistemas de preparación de suelo hubo diferencias estadísticas (P≥0,05) para la variable AP. Se observó que en la LC la AP fue superior en relación a la SD. Esta situación puede ser debido al nivel de laboreo de ambos métodos de labranza ya que en la SD el suelo no es disturbado, lo cual puede impedir que la planta se desarrolle de acuerdo a su potencial genético. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Pequeno *et al*. (2007) y Fey *et al*. (2005), y ratifican lo indicado por Carvalho *et al*. (2007) quienes aseveran que la yuca por ser un cultivo cuyas raíces es lo más importante para el agricultor, la misma debe sembrarse en suelo bien preparado.

En el sistema de SD se observó correlación positiva y significativa (P≥0,05) entre las variables R y DT (r = 0,83*) y AP con DT (r = 0,67*). De este resultado se desprende que un balance entre raíces y DT es importante para obtener buenos rendimientos.



Fuente: Estación agrometeorológica Santa Bárbara (INIA-Monagas), año 2007-2008.

FIGURA. Variación de evaporación, precipitación y disponibilidad hídrica del suelo (Arenic Paleustults) del Campo Experimental Santa Bárbara, INIA-Monagas. Período abril 2007-junio 2008.

CUADRO 1. Promedios de las variables alturas de planta, diámetro de tallo, y rendimiento en respuesta a dos sistemas de labranza y dos profundidades de siembra en el cultivo de la yuca.

Sistema de labranza	Profundidad Siembra (m)	Altura planta (m)	Diámetro del tallo (mm)	Rendimiento (t ha^{-1})
Siembra Directa	0,05	1,45 a	23,57 a	31,96 a
Siembra Directa	0,10	1,51 a	22,01 a	32,34 a
Promedio		1,48 B	22,81 A	32,15 A
Labranza Convencional	0,05	1,62 a	22,31 a	33,96 a
Labranza Convencional	0,10	1,51 a	24,48 a	31,04 a
Promedio		1,56 A	23,39 A	32,50 A

Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey a 5% de probabilidad)
Letras minúsculas corresponden a comparaciones de profundidades dentro de sistemas de labranza
Letras mayúsculas corresponden a comparaciones entre sistemas de labranza

Porcentajes de almidón y materia seca

No se detectaron diferencias significativas (P≥0,05) para la interacción sistema de labranza y profundidad (Cuadro 2); sin embargo, los valores promedios reflejan un mayor contenido de almidón en la SD, tal como lo sugieren Otsuvo *et al*. (2008), lo cual se atribuyó al efecto que produce la cobertura muerta sobre la conservación de la humedad del suelo.

Los resultados de MS no presentan diferencias significativas para los 2 sistemas de labranza, similares a los referidos por Pequeno *et al*. (2007) y disímiles a los obtenidos por Otsuvo *et al*. (2008) que constataron que la MS en la SD fue superior que en el laboreo convencional del suelo. Por otra parte, cabe destacar que no hubo correlación entre las variables contenido de almidón y de MS en ninguno de los sistemas de labranza evaluados.

Esfuerzo de arrancado y número de raíces totales

Se destaca que la interacción entre labranza y profundidad de siembra no fue significativa (P≥0,05) en los 2 sistemas de labranza evaluados (Cuadro 3). No obstante, en los 2 sistemas de labranza y en la PS de 0,05 m los valores promedios para las variables esfuerzo de arrancado y número de raíces totales (NPT) resultaron superiores que en la profundidad de 0,10 m. Con relación al esfuerzo de arrancado, la diferencia, probablemente, se debe a que en la profundidad de 0,05 m el NTR fue mayor que a 0,10 m, lo cual produjo un mayor anclaje de la planta en el suelo. Filho *et al*. (2003) observaron mayor esfuerzo de arrancado en profundidades de 0,05 y 0,15 m, lo cual contradice los resultados generados en este experimento. Por otra parte, cuando se comparan los 2 sistemas de preparación de suelos con relación esta variable, se observa que el SC superó a la SD, resultado que contradice a los presentados por Filho *et al*. (2000) en la cual la SD y el SC no presentaron diferencias significativas, debido a que el suelo donde se realizó el ensayo estaba compactado.

Al comparar los 2 sistemas de labranza en la variable NTR, la misma resultó estadísticamente significativa (P≥0,05), constatándose mayor NRT en la LC (Cuadro 3). Es probable que esto se deba a que el suelo bajo LC presentó mejores condiciones físicas que la SD. Resultados disímiles fueron señalados por Rivas *et al*. (2004) el cual se la atribuyó a las condiciones de microclima que generó SD en ese ecosistema.

CUADRO 2. Valores promedios de las variables almidón y materia seca en respuestas a dos sistemas de labranza y dos profundidades de siembra en el cultivo de la yuca.

Sistema de labranza	Profundidad Siembra (m)	Almidón (%)	Materia seca (%)
Siembra Directa	0,05	18,02 a	68,35 a
Siembra Directa	0,10	18,27 a	68,22 a
Promedio		18,14 A	68,28 A
Labranza Convencional	0,05	16,10 a	69,62 a
Labranza Convencional	0,10	16,85 a	69,35 a
Promedio		16,47 A	69,48 A

Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey a 5% de probabilidad).
Letras minúsculas corresponden a comparaciones de profundidades dentro de sistemas de labranza.
Letras mayúsculas corresponden a comparaciones entre sistemas de labranza.

CUADRO 3. Medias de las variables esfuerzo de arrancado y número de raíces totales en respuesta a dos sistemas de labranza y dos profundidades de siembra en el cultivo de la yuca.

Sistema de labranza	Profundidad Siembra (m)	Esfuerzo arrancado planta^{-1} (%)	Materia seca (%)
Siembra Directa	0,05	26,87 a	5,20 a
Siembra Directa	0,10	25,62 a	4,55 a
Promedio		26,24 A	4,87 A
Labranza Convencional	0,05	33,12 a	6,75 a
Labranza Convencional	0,10	23,75 a	5,95 a
Promedio		28,43 A	6,35 A

Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey P≤ 5%).
Letras minúsculas corresponden a comparaciones de profundidades dentro de sistemas de labranza.
Letras mayúsculas corresponden a comparaciones entre sistemas de labranza.

En lo referente a la correlación en la LC entre esfuerzo del arrancado y NRT, se encontró una correlación positiva y significativa (r = 0,63*). De manera similar en la SD el esfuerzo de arrancado se correlacionó positiva y significativamente (r = 0,75*) con la AP. De estos resultados se desprende que la dificultad de la cosecha en ambos sistemas de labranzas va a depender del NRT por planta y la AP.

CONCLUSIONES

- En vista de que no se observaron diferencias en cuanto al rendimiento, sistemas de labranza, y PS, se recomienda, desde el punto de vista de costos de producción, utilizar la SD a la profundidad de 0,10 m.

- El DT, AP, NRT, R, almidón, MS y esfuerzo de arrancado no fueron influenciadas por la interacción sistemas de labranza y PS.

- Al comparar los 2 sistemas de labranza, el SD indujo mayor AP; mientras que el sistema de LC produjo mayor NRT.

- Para el sistema de SD se observaron correlaciones positivas y significativas entre el R y el DT, la AP y DT y el esfuerzo de arrancado y AP.

BIBLIOGRAFÍA

Carvalho, F. M., A. Vianna, S. Matsumoto, T. Reboucas, C. Cardoso e I. Gomes. 2007. Manejo do solo em cultivo com mandioca em treze municipios da região sudoeste da Bahia. Cienc. Agric., Lavias, 31(2):378-384.

Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y alDesarrollo de la Yuca (CLAYUCA). 2002. Una experiencia en mínima labranza para el manejo de siembras comerciales de yuca en el estado Monagas, Venezuela. Boletín técnico electrónico del Consorcio Latinoamericano y del Caribe de apoyo a la investigación y desarrollo de la yuca. Edición N° 1. Cali, Colombia. p.12.

Delgado, F. 1987. Prácticas agronómicas de conservación de suelos. SC-63. CIDIAT, Mérida. p. 69. (Serie: suelos y clima).

Descriptores de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). 1978. Programa de recurso genético. Turrialba, C.R, GTZ. p. 12. (Mimeografiado provisional).

European Conservation Agricultural Federation (ECAF). 1999. Agricultura de conservación en Europa: Aspectos medioambientales, económicos y administrativos de la UE. Bruselas, Bélgica. p.17.

Fey, E., C. Orti, J. Souza, F. Gobbi e F. Furlan. 2005. Influência do manejo do solo sobre a produtividade da mandioca de um e dois ciclos. **In:** Congreso Brasileiro de Mandioca, 11, Anais. Campo Grande: 1CD-ROM.

Filho, A. G., A. Pessaa, L. Strohhaecker e J. Helmich. 2000. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura da mandioca em condições de adubação verde com ervilha e aveia preta. Ciencia Rural, Santa María, 30(6):953-957.

Filho, A. G., L. Strohhaecker e E. Fey. 2003. Profundidade e espaçamento da mandioca no plantio direto na palha. Ciencia Rural, Santa María, 33(3):461-467.

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Anzoátegui).

Laboratorio de suelos, aguas y plantas del INIA-Anzoátegui. 2007. Análisis de suelos, agua y plantas. El Tigre, estado Anzoátegui.

Marcano, M. 2002. Boletín agroclimatológico año 92-99. Red Meteorológica del INIA-Monagas. Maturín, estado Monagas. p. 23.

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR)-Gobernación del Estado Monagas. 1984. Información básica de apoyo al sector agrícola. Maturín, estado Monagas. p. 45.

Otsuvo, A. K., F. Mercante, R. Silva e C. Borges. 2008. Sistema de preparo do solo, plantio de cobertura e produtividade da cultura da mandioca. Pesq. Agropec. Bras., Brasilia, 43(3):327-332.

Pequeno, M. G., P. Filho, C. Tormena, M. Kvitschal e M. Manzotti. 2007. Efeito do sistema do preparo do solo sobre características agronómicas da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). R. Bras. Eng. Agric. Ambiental 11(5):476-481.

Rivas, E. 1990. Estudio agrológico del Campo Experimental Santa Bárbara, Municipio Santa Bárbara, estado Monagas. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. p. 55. (Mimeografiado).

Rivas, E. Velásquez y J. Tenias. 2004. Efecto de sistema de preparación de suelos sobre algunas características físicas y biométricas en yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en los Llanos Altos de Monagas. Revista científica UDO Agrícola 4(1):36-41.

Velásquez, E. y E. Ortega-Cartaya. 1994. Efecto de la profundidad y posición de plantación de esquejes de yuca en la producción de raíces. Agronomía Trop. 44(3):441-453.

Velásquez, E. 1995. Informe de gestión anual (Programa de yuca).Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuaria. CIAE-Monagas. p. 187.

Wheatley, C. C. 1991. Calidad de las raíces de yuca y factores que intervienen en ella. **In:** Hershey CH (ed). Mejoramiento genético de la yuca en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Trop. (CIAT), Colombia. p. 267-291.

Agronomía Trop. 59(4): 381-386. 2009

EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN BIOLÓGICA DEL FRIJOL CON CEPAS NATIVAS DE *Rhizobium* AISLADAS DE UN ULTISOL DE LA ALTIPLANICIE DEL ESTADO GUARICO[1]

EVALUATION OF THE BIOLOGICAL FERTILIZATION ON COWPEA WITH NATIVA *Rhizobium* STRAINS ISOLETED FROM AN ULTISOL IN LANDPLANE GUARICO STATE[1]

Belkys Rodríguez* y Marisol López*

[1] Trabajo financiado por el Convenio Cuba-Venezuela y el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (Fonacit) bajo los proyectos: "Innovación Tecnológica en Biofertilizantes para Agroecosistemas Venezolanas Sustentables" 7-281-150-341 y "Evaluación de Prácticas de Manejo Conservacionista en Suelos Ácidos del municipio Espino-Guárico en un Sistema de Producción de Cereal Leguminosa", S1-2002000391, respectivamente.
*Investigadoras. INIA-CENIAP. Maracay, estado Aragua. Venezuela. E-mail: brodriguez@inia.gob.ve; mlopez@inia.gob.ve

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la fertilización biológica en frijol, *Vigna unguiculata* L., con cepas nativas de *Rhizobium* aisladas de un Ultisol de la altiplanicie en condiciones de mesa del estado Guárico sobre la producción de materia seca (MS), porcentaje de nódulos (PN), masa nodular (MN), actividad nodular, (AN), absorción de nitrógeno (N) y absorción de fósforo (P), en condiciones de invernadero. Los tratamientos evaluados fueron: sin biofertilizante, biofertilización con la cepa 1, biofertilización con cepa 2 y biofertilización con una combinación de las cepas 1 y 2, conjuntamente con la aplicación de una fertilización basal de N, P y K reducida, obteniéndose a partir de las variables medidas que la cepa 1 mostró una alta capacidad para colonizar el cultivo, lo cual la convierte en el biofertilizante con mayor potencial para gestionar la fertilización del frijol en los conucos llaneros presentes en la altiplanicie.

Palabras Clave: Biofertilizantes; fertilidad; simbiosis; *Vigna unguiculata* L.; *Rhizobium*.

SUMMARY

The effect of biological fertilization on cowpea, *Vigna unguiculata* L., with native *Rhizobium* strains isolated from an ultisol in landplane condition of Guárico state, Venezuela, was evaluated on dry matter production (MS), nodules percentage (PN), nodular mass (MN), nodular activity (AN), nitrogen uptake (N) and phosphorus uptake (P), in an experiment carried out in greenhouse conditions. The evaluated treatments were: without biofertilization (control), biofertilization with strain 1, biofertilization with strain 2 and biofertilization with consortium strains 1 + 2, jointly with the application of a reduced basal fertilization of N, P and K. the strain1 showed high capacity to colonize the crop, which turn it into biological fertilizer with the greatest potential to manage cowpea fertilization in llaneros homegarden in landplane conditions.

Key Words: Cowpea; biofertilizers; fertility; symbiosis; *Vigna unguiculata* L.; *Rhizobium*.

RECIBIDO: noviembre 27, 2008

ACEPTADO: febrero 02, 2009

INTRODUCCIÓN

El frijol, *Vigna unguiculata* L., es fundamental en la alimentación de las poblaciones rurales de Venezuela. Su composición con 23% de proteína y 56% de carbohidratos, así como también, contenidos de grasa, fibra, minerales y vitaminas, lo convierten en una excelente alternativa nutricional para el desarrollo fisiológico, cognitivo, intelectual, físico y emocional de las comunidades llaneras, mediante la ingesta de una alimentación balanceada (De Gouveia *et al*., 2005).

El volumen de producción de leguminosas comestibles en Venezuela para el 2007 fue de 39 779 t, representando el frijol 42,54%, lo cual indica su importancia en la dieta de los venezolanos (FEDEAGRO, 2008).

La región oriental del Guárico abarca una superficie de 3 748 338 ha, de las cuales la altiplanicie en condiciones de mesa representa 49,2%; los órdenes de suelo predominantes son una asociación de Ultisoles, Oxisoles y Entisoles estrechamente ligados a la superficie de las mesas planas (conservadas), siendo los sistemas de producción más relevantes la ganadería doble propósito, en combinación con la producción de maíz y sorgo, así como, el conuco llanero que incluye la producción de frijol, topocho y yuca para auto consumo (Riera y Guerrero, 1984). En estos suelos de muy baja fertilidad se ha demostrado la necesidad de aplicar una dosis mínima de N para frijol y otras leguminosas con el propósito de estimular el proceso de fijación biológica de nitrógeno (FBN) España *et al*., 2006.

En las sabanas bien drenadas de las mesas orientales para fertilizar el frijol se recomienda la aplicación de una dosis basal de 20 kg ha^{-1} de N, en combinación con 30-120 kg ha^{-1} de P y 20-70 kg ha^{-1} de K, dependiendo de los niveles de disponibilidad en el suelo (Chauran *et al*., 2008).

Los bajos requerimientos de fertilización nitrogenada por parte del frijol, se deben a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico (N^2), habiéndose demostrado que la simbiosis *V. unguiculata* - *Rhizobium* constituye un sistemas de FBN de mediana eficiencia (Hardarson y Danso, 1991). Igualmente, *V. unguiculata* posee una gran habilidad para adaptarse a diferentes condiciones edafoclimáticas.

El uso de cepas nativas de *Rhizobium* inoculadas artificialmente representa la posibilidad de gestionar la fertilización biológica del cultivo, mediante el uso de biofertilizantes, con la finalidad de suplementar el nitrógeno, así como, activar procesos bioquímicos adicionales asociados con otros microorganismos presentes en el suelo. De esta forma, se puede incrementar la disponibilidad de otros nutrimentos y sustancias promotoras del crecimiento, lo que constituye una alternativa ecológica y económicamente viable. Por otra parte, los biofertilizantes son generados a través de procesos microbianos rápidos, pudiendo aplicarse en pequeñas cantidades para solucionar problemas de baja fertilidad (Martínez *et al*., 2006a).

Entre los métodos sugeridos para evaluar el grado de la simbiosis y sus posibles efectos sobre la fijación de N^2, se encuentran la cantidad de materia seca (MS) producida, el número, masa y coloración de los nódulo, así como, la cantidad de N presente en el tejido; otros métodos utilizados son: la actividad de la nitrogenasa, la cantidad de ureidos presentes en el xilema y el uso de Técnicas Isotópicas con ^{15}N (Hardarson y Craig, 2003). Dichos métodos presentan diferentes niveles de complejidad y costos económicos, permitiendo conocer la actividad de fijación en un momento dado, determinar la cantidad de N proveniente de los nódulos y estimar la cantidad de N fijado en distintos períodos de crecimiento de la planta.

El objetivo del trabajo fue evaluar la fertilización biológica del frijol con cepas nativas de *Rhizobium* aisladas de la Rizósfera de *V. unguiculata* en un suelo Ultisol de la altiplanicie en condiciones de mesa del estado Guárico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el invernadero de Recursos Agroecológicos del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

El suelo utilizado correspondió a un Typic Paleustults, francosa gruesa, caolinítica, isohipertérmica de la altiplanicie en condiciones de mesa disectada de Guárico, presentando baja fertilidad natural, disponibilidad de fósforo-Olsen menor a 3 mg kg^{-1}, potasio-Olsen igual a 20 mg kg^{-1}, calcio-Morgan menor a 50 mg kg^{-1} y magnesio-Morgan menor a 20 mg kg^{-1}; de reacción acida, pH < 5,4 y textura gruesa (Fa, aF).

Los tratamientos evaluados fueron: un testigo sin biofertilizante (sin cepa), biofertilización con cepa 1, biofertilización con cepa 2 y biofertilización con una combinación de las cepas 1 + 2 a fin de explorar alguna posi-

bilidad asociativa, para el desarrollo de biopreparados basados en mezclas; utilizando un diseño completamente aleatorizado con 4 repeticiones.

El material genético sembrado fue la variedad Tuy, a razón de 4 semillas por pote con capacidad de 4 kg de suelo, después de germinadas las semillas fueron seleccionadas las 3 plántulas más vigorosas. Los tratamientos recibieron una fertilización basal en kg ha^{-1} de 0 de N, 25 de P y 50 de K, como resultado de una reducción del requerimiento del fríjol en 100, 80 y 30% para cada nutrimento, respectivamente, con relación a las dosis recomendadas para la altiplanicie en condiciones de mesa (Chuaran *et al*., 2005); las cuales fueron relacionadas en gramos por pote para proceder a pesar los fertilizantes inorgánicos antes de su aplicación.

Las cepas utilizadas provienen del cepario del INIA-CENIAP, aisladas de la Rizósfera de *V. unguiculata* en la altiplanicie de mesa del estado Guárico mediante colectas realizadas en la región. Los inoculantes fueron preparados en medio YMA líquido, manteniendo una concentración de 108 UFC ml^{-1}, los cuales fueron aplicados al momento de la siembra (Martínez *et al*., 2006b).

El experimento fue cosechado a los 52 días después de la siembra (DDS), evaluándose MS, (g/pote), porcentaje de nódulos (PN, %), masa nodular (MN, g/pote), actividad de los nódulos (AN) a través de la coloración interna (Hardarson y Craig, 2003), N y P absorbido en planta (mg/pote) mediante una digestión de ácido sulfúrico más peroxido y determinación calorimétrica (Jones *et al*., 1991). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación múltiple de medias a través de la prueba de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables MS ($P \leq 0,05$), PN ($P \leq 0,01$), MN ($P \leq 0,05$), N ($P \leq 0,05$) y P ($P \leq 0,05$) mostraron diferencias significativas a los tratamientos, indicando distintas habilidades de las cepas para colonizar el frijol. El valor más alto de MS, se obtuvo con la cepa 1 seguido de la cepa 2 y la combinación cepa 1 + cepa 2 (Figura 1).

Los resultados de PN y MN evidencian la mayor compatibilidad entre la cepa 1 - cultivar Tuy - suelo, considerando la nodulación lograda por el cultivo (Figuras 2 y 3). Esto debido posiblemente al establecimiento de una comunicación entre hospedero-hospedante más específica, a través de los exudados emitidos por la raíz de la planta (Reyes *et al*., 2008), la cual se ha demostrado ocurre a partir de la acción de proteínas específicas y el intercambio de señales mediante la secreción de polisacaridos y proteínas, donde se ha identificado a los flavonoides, como reguladores de la expresión de los genes, pudiendo incluso aplicarse artificialmente tanto a la semilla, como al suelo para mejorar la nodulación (Martínez *et al*., 2006a).

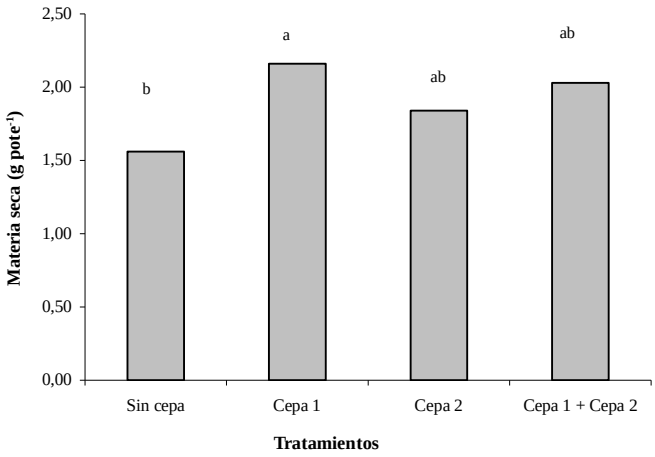


FIGURA 1. Efecto de la biofertilización sobre la acumulación de la materia seca.

Sin embargo, no se observó el mismo patrón de comportamiento con el resto de los tratamientos, en PN, la cepa 2 y la combinación cepa 1 + cepa 2, no mostraron diferencias, sino, con respecto al tratamiento sin biofertilización; en MN, el tratamiento sin biofertilización, la cepa 2 y la combinación cepa 1 + cepa 2, se comportaron estadísticamente igual, encontrándose que PN pudiera ser un indicador más representativo de la simbiosis debido a la similitud de su patrón de comportamiento con MS.

Estas diferencias en la efectividad de la simbiosis para las distintas cepas evaluadas podría ser explicada por la especificidad entre la planta hospedera y la bacteria, la cual ocurre en 3 niveles: la formación de los nódulos, la eficiencia de fijación de N y el grado en que la fijación de N satisface los requerimientos de la planta (Martínez *et al*., 2006a). De la misma forma, se ha encontrado que en suelos de sabana con texturas franco-arenosas, el peso y número de nódulos en plantas de frijol, fue superior al de plantas del mismo cultivo creciendo en suelos franco arcillosos bajo condiciones de vega (Méndez *et al*., 2007).

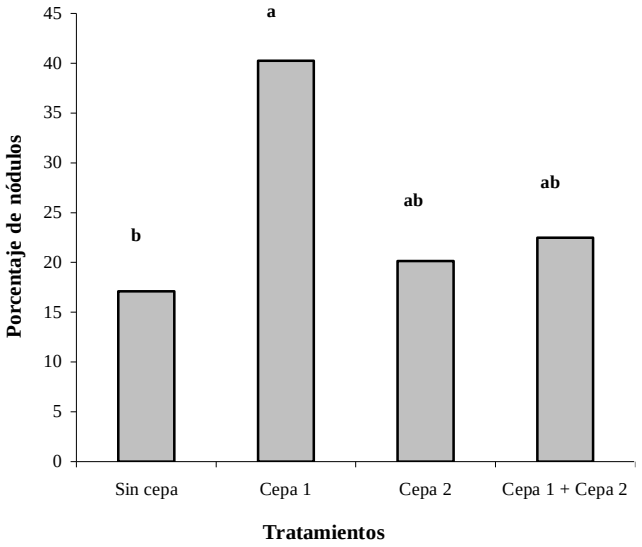


FIGURA 2. Efecto de la biofertilización sobre el porcentaje de nódulos.

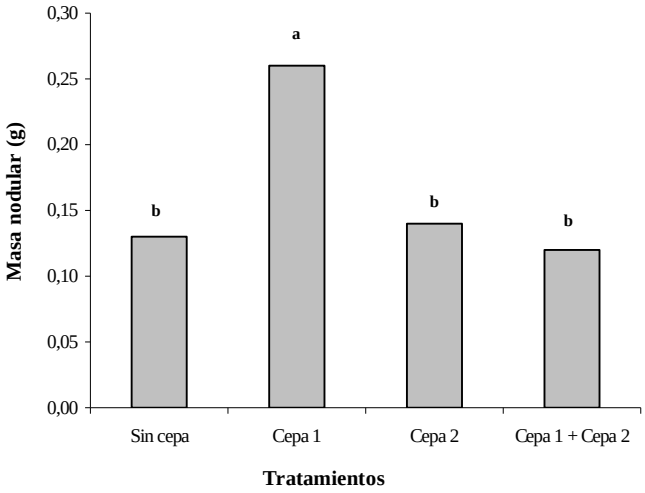


FIGURA 3. Efecto de la biofertilización sobre la masa nodular.

Los tratamientos que recibieron biofertilización mostraron nódulos de rosado, a muy rosado, en contraste con el tratamiento que no recibió fertilización biológica, presentando los nódulos un color pálido (ver Cuadro). Esto guarda relación con la presencia de leghemoglobina, la cual se ha demostrado es la responsable de la coloración de los nódulos, infiriéndose su presencia en los tratamientos que recibieron biofertilización y destacándose la importancia de la coloración interna de los nódulos en la selección de cepas nativas más efectivas en la fijación de N^2. Igualmente, la palidez de los nódulos de las plantas que no recibieron biofertilización, pudiera atribuirse a una baja concentración de leghemoglobina por una condición de baja fertilidad, lo cual afecta el transporte de oxígeno a los bacteroides (Becana *et al*., 1991).

CUADRO. Actividad de los nódulos.

Tratamientos	Actividad nodular
Sin cepas	Pálido
Cepa 1	Rosado
Cepa 2	Rosado
Cepa 1 + Cepa 2	Muy rosado

La absorción de N y P por la planta fue mayor en el tratamiento de biofertilización con la cepa 1. La inoculación con la cepa 2 y la combinación cepa 1 + cepa 2 mostraron absorciones similares para ambos elementos, encontrándose la menor cantidad absorbida de N y P en el tratamiento sin biofertilización. Estos resultados confirman las mejores condiciones de desarrollo simbiótico con la cepa 1 (Figuras 4 y 5). En el caso particular de P, pudiera estar ocurriendo una estimulación de las poblaciones nativas de microorganismos solubilizadores de fósforo por efecto asociativo con la cepa 1 (Martínez y Dibut, 2006; López *et al*., 2008) o debido a la capacidad de algunas cepas de *Rhizobium* para disolver fosfatos (Peña y Reyes, 2007).

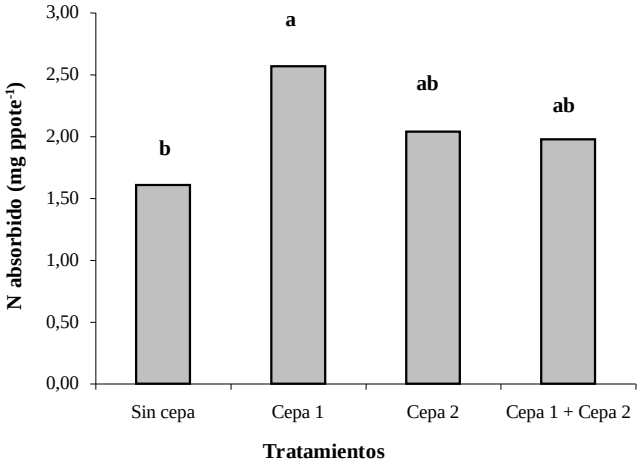


FIGURA 4. Efecto de la biofertilización sobre el N absorbido en planta.

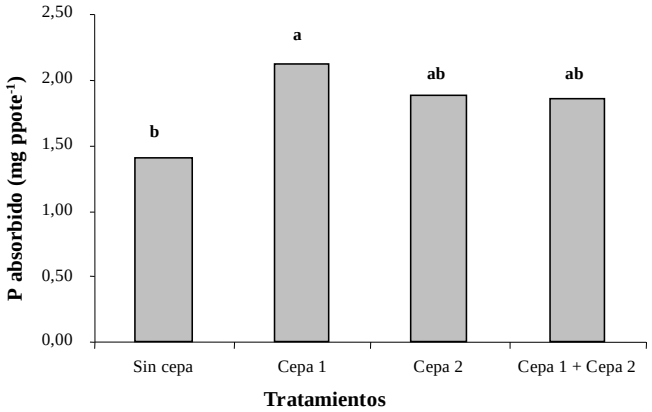


FIGURA 5. Efecto de la biofertilización sobre el P absorbido en planta.

CONCLUSIÓN

- La cepa 1 demostró potencialidad para gestionar la biofertilización del frijol en un suelo de muy baja fertilidad, lo que pudiera conducir al aprovechamiento de la diversidad microbiológica en estas condiciones para promover el desarrollo local de las comunidades rurales llaneras, con énfasis en la agricultura de pequeña escala.

BIBLIOGRAFÍA

Becana, M. y E. Begmar. 1991. Metabolismo del nitrógeno y oxígeno en nódulos de leguminosas. **In:** Fijación y movilización biológica de nutrientes. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España. p. 33-50.

Chauran, O., J. Tenías y M. España. 2008. Leguminosas. **In:** Manual de Alternativas de Recomendaciones de Fertilizantes para Cultivos Prioritarios en Venezuela. Maracay. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 400 p. (Serie B N° 18).

Confederación Nacional de Asociaciones de Productores Agropecuarios (FEDEAGRO). 2008. Estadísticas de Producción. www.fedeagro.org

De Gouveia, M., Á. Bolívar, M. López, A. Salih y H. Pérez. 2005. Participación de Agricultores en la selección de materiales genéticos de frijol (*Vigna unguiculata*) evaluados en suelos ácidos de la Parroquia Espino, estado Guárico. Cuadernos de Desarrollo Rural. 54(1):113-129.

España, M., E. Cabrera-Bisbal and M. López. 2006. Study of nitrogen fixation by tropical legumes in acid soil from Venezuelan savannas using ^{15}N. Interciencia. 31(3):197-201.

Hardarson, G. y S. K. A. Danso. 1991. Métodos para medir la fijación biológica de nitrógeno en leguminosas de grano. Aumento de la fijación biológica del nitrógeno en el frijol común en América Latina Resultados de un Programa FAO/OIEA de investigación Coordinada 1986-1991 Editores J. J. Peña Cabriales F. Zapata México p. 19.

Hardarson, G. and A. Craig. 2003. Optimising biological N_2 fixation by legumes in farming systems. Plant and soil. 252(1):41-54.

Jones, Jr., J., B. Wolf and H. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, Inc. Athens, GA. pp. 213.

Martínez, R., M. López, B. Dibut, C. Parra y J. Rodríguez. 2006a. La fijación biológica del nitrógeno atmosférico en condiciones tropicales. Edición: Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierra. 172 p.

Martínez, R. y B. Dibut. 2006. Practical Applications of bacterial biofertilizers and biostimulators. **In:** Biological approaches to sustainable soil systems. Taylor and Francis group, LLC. 764 p.

Martínez, R., M. López, M. Brossard, G. Tejeda, H. Pereira, C. Parra, J. Rodríguez y A. Alba. 2006b. Procedimientos para el estudio y fabricación de biofertilizantes bacterianos. Maracay, Ven. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 88 p. (Serie B N° 11).

Méndez, J., V. Otahola, R. Pereira, J. Simosa, L. Tellis y E. Zabala. 2007. Comparación del desecho de un fluido de perforación base agua no disperso con la fertilización química en el cultivo del frijol. Idesia Vol. 25(1):17-20.

López, M., R. Martínez-Viera, M. Brossard, A. Bolívar, N. Alfonso, A. Alba y H. Pereira. 2008. Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos. Agronomía Trop. 58(4):391-401.

Peña, H. y I. Reyes. 2007. Aislamiento y evaluación de bacterias fijadoras de nitrógeno y disolventes de fosfato en la promoción del crecimiento de la lechuga (*Lactuca sativa* L.). Interciencia 32:560-565.

Reyes, I., L. Álvarez, H. El-Ayouli y A. Valery. 2008. Selección y evaluación de rizobacterias promotoras del crecimiento en pimentón y maíz. Bioagro. 20:37-38.

Riera, J. y I. Guerrero. 1984. Caracterización agroecológica de la región oriental del Guárico. Subestación experimental Valle de la Pascua. Fonaiap. Mimeografiado. 159 p.

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE POBLACIONES DE ARROZ MALEZA, EN EL DISTRITO DE RIEGO DEL RÍO ZULIA, NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA

MORPHOLOGIC CHARACTERIZATION OF POPULATIONS OF RICE WEEDS IN ZULIA RIVER IRRIGATION DISTRICT, NORTE DE SANTANDER DEPARTMENT, COLOMBIA

Rafael Canal*, Olga Arnaude, Aída Ortiz Domínguez***, Bernal Valverde**** y Cilia Fuentes*******

*Ing Agr. Mg. INCODER, Cúcuta, Norte de Santander. Colombia. E-mail: rcanal@yahoo.com
**Profesora Asistente. Universidad Nacional Experimental del Táchira. Táchira. Venezuela. E-mail: arnaude@cantv.net
***Profesora Agregado. UCV. Maracay, estado Aragua. Venezuela. E-mail: ortiza@agr.ucv.ve
****The Royal Veterinary y Agricultural University. Weed Science. Dinamarca. E-mail: bev@kvl.dk
*****Universidad Nacional de Bogotá. E-mail: cfuentesd@unal.edu.co

RESUMEN

El arroz maleza (AM), *Oryza sativa* L. reduce drásticamente tanto el rendimiento paddy como la calidad molinera del arroz. Así mismo, su presencia desvaloriza el precio de las fincas. Este estudio tuvo por objetivo caracterizar algunas poblaciones de AM en el Distrito de Riego del Río Zulia, Departamento Norte de Santander, Colombia. El experimento estuvo conformado por 22 AM y 3 variedades de arroz (Oryzica-1, Oryzica-3 y Fedearroz-50). Se utilizó un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones. Se evaluaron 21 atributos de las plantas y semillas. Los resultados mostraron que, en cuanto a las plantas: el 50% de los AM tuvieron un hábito de crecimiento intermedio; 36,4% buen macollamiento; 45,45% moderado acame y 31,81% moderado desgrane. Los AM alcanzaron una altura de 77,27% de plantas similar o menor a las variedades de arroz (112,30 - 87,30 cm) y 54% coincidieron en la floración con los arroces cultivados 65,71 a 79 días después de sembrado (DDS). Respecto a los granos: 45,45% de los AM fueron de grano largo, igual que Fedearroz y 95,45% de ellos, con un ángulo del ápice de la lema y pálea de 0-10° similar a Fedearroz 50. Todos los granos de AM presentaron pubescencia de la lema y pálea y alta variabilidad en las dimensiones (7,13-10,15 mm): 63,64% con aristas de diversos tamaños. El 50% de los AM tuvieron la longitud de los cariópsis clasificados como granos medios similares a Fedearroz 50 y Oryzica 1 (5,60 a 6,50 mm); 73% presentaron el pericarpio de color rojo y 54% tuvieron lema y pálea de color café. Estos datos parecieran indicar que el AM ha tenido una introgresión hacia las variedades, quizás producto de la hibridación.

Palabras Clave: *Oryza sativa* L.; arroz maleza; morfología; caracterización.

SUMMARY

Rice weeds (WR) dramatically reduces both yield and quality paddy milled rice, and also reduces farm value. The objective of this study was to characterize some populations of WR at Zulia River Irrigation District, Norte de Santander Department, Colombia. The experiment consisted of 22 WR and three rice varieties (Oryzica-1, Oryzica-3 and Fedearroz-50). A randomized block design with three replications was utilized and 21 attributes of plants and seeds were evaluated. Regarding to plant type, results showed that 50% of WR had intermediate growth habit, 36.40% good tillering, 45.45% moderate lodging and 31.80% moderate grain shattering; 77.27% of WR had similar or shorter plant height than rice varieties (112.30 - 87.30 cm), and 54% of them had flowering time comparable to rice varieties 65.71 to 79 days after cultivated field. As regards as grains: 45.45% of WR were long grain type like Fedearroz 50; 95.45% of them with apex of the lemma and pale angle between 0-10°, similar to Fedearroz 50. All WR grains had lemma and pale pubescent and high variation of paddy grain sizes (7,13-10,15 mm); 63.64% had awn of various sizes. 50% of AM had grain caryopsides length rated as medium grain, like Fedearroz 50 and Oryzica 1 (5.6 to 6.5 mm). 73% of WR grains had red pericarp and 54% had brown lemma and pale. These results suggest that WR might had been introgressed in cultivated rice probably due to hybridization.

Key Words: *Oryza sativa* L.; weedy rice; morphology; characterization.

RECIBIDO: enero 01, 2009

ACEPTADO: mayo 07, 2009

INTRODUCCIÓN

El arroz maleza (AM), *Oryza sativa*, es una de la mala hierba más limitantes en el cultivo del arroz por su amplia dispersión en la mayoría de las zonas arroceras del mundo. Así mismo, el AM al poseer una gran variabilidad en sus características morfológicas correspondientes a una diversidad genética y pertenecer a la misma especie del arroz cultivado tiene requerimientos nutricionales y agroclimáticos similares a éste y ejerce un alto grado de competencia, disminuyendo la producción y la rentabilidad del arroz cultivado (Fischer, 1997; Fischer y Ramírez, 1993; Ortiz *et al*., 2004, Valverde, 2005).

Se estima que, a nivel mundial, las pérdidas de arroz paddy debidas a la interferencia de malezas que escapan a las prácticas de control ascienden a un 10% de la producción, es decir, a unos 46 millones de toneladas de grano al año (Fischer, 1997).

El cultivo de arroz en Colombia es un renglón básico en la economía, ocupa el 10% del área total sembrada en el país, que contribuye con el 8,5% de la producción agrícola (Hernández, 1991). En el Departamento Norte de Santander el cultivo del arroz, es el principal renglón de la economía agrícola, con un área de siembra anual aproximada de 25 000 hectáreas, generando 400 000 jornales y una producción promedio de 112 500 toneladas de arroz paddy para suplir la demanda de la industria molinera local y comercializar los excedentes de producción, en otras regiones del país (FEDEARROZ, 2000).

El 90% del área sembrada se localiza en el Distrito de Riego del Zulia a 36 kilómetros de la ciudad de Cúcuta; comprende las áreas planas del Valle del Río Zulia, en un área adecuada de aproximadamente 8 000 hectáreas, que se caracterizan por tener alturas alrededor de 90 m sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 30 grados, precipitación anual promedio de 2 000 mm y alta radiación solar durante la mayor parte del año; estas condiciones agroclimáticas son favorables el desarrollo del cultivo del arroz (FEDEARROZ, 2000).

El sistema de producción de arroz dentro del Distrito de Riego, se caracteriza por ser monocultivo intensivo, obteniendo 2 cosechas por año, con un manejo basado en el uso de agroinsumos generando condiciones que favorecen el desarrollo de agentes limitantes al cultivo, como el incremento en las poblaciones de malezas (Canal, 2000).

En las primeras etapas de desarrollo del cultivo no se puede diferenciar el AM del cultivo debido a que las características morfológicas son parecidas, sin embargo, después de la elongación de los tallos ya se observa mayor altura de planta en el AM con respecto a las variedades. Al final de la fase reproductiva se muestran las mayores diferencias entre la maleza y el cultivo, sobre todo en lo que se refiere a la morfología de los granos de la malezas, tales como: color de la lemma y pálea; presencia o ausencia de arista; panícula erecta, vaneamiento y desgrane entre otras (Agudelo y León, 1993; Canal, 2000).

En Venezuela, se ha encontrado que los AM tuvieron 50% floración similar a las variedades Cimarrón, Araure 4, Araure 1 y ZETA 15, sin embargo, la variedad FONAIAP-1 fue más precoz que la maleza en 22 días, bajo condiciones de invernadero. Además, se señala que en relación con variables de crecimiento, longitud de hoja bandera y segunda hoja, altura de planta (AP) hasta el ápice de la hoja más larga, AP hasta la panícula, área foliar (ÁF), biomasa aérea, biomasa de raíces, longitud radical y superficie radical, los AM alcanzaron valores más altos que las variedades (Ortiz, 1997).

Se evaluaron 11 poblaciones de AM; 11 de lemma y palea de color pajizo, 5 negros y 2 dorados, provenientes de Arkansas, Louisiana, Mississippi y Texas, los que mostraron el 50% de antesis alcanzaron entre 82 y 94 días después de la siembra (DDS), en general fueron más altos que las variedades cultivadas de arroz, tuvieron de moderado a alto desgrane de las semillas, lo cual hace que esta maleza sea un serio problema en el cultivo del arroz (Noldín *et al*., 1999).

En la zona arrocera de Saldaña, Colombia, se identificaron 15 poblaciones diferentes de AM, que fueron clasificados en 4 grupos principales denominados: varietales, pipones, mechudos y rayones. Siendo el grupo de los varietales AM los que tienen semillas con morfología semejante a la de algunas de las variedades cultivadas de arroz y que posiblemente fueron producidas por hibridación con las variedades comerciales (Montealegre y Clavijo, 1992). Cuando se compararon los índices de crecimiento de 5 poblaciones de AM colombianos con las variedades Oryzica-1 y Oryzica Llanos-5 se encontró que en general la maleza presentó mayor tasa de crecimiento que el arroz cultivado (García y Regino, 1995).

En Costa Rica se compararon atributos morfológicos del AM contra las variedades y poblaciones de *Oryza rufipogon* y *O. glaberrima*, encontrándose que algunas poblaciones de AM mostraron características inter-

medias entre *O. sativa* y *O. rufipogon*, sugiriendo éstos que pudo haber hibridación en el pasado entre esta especie.

Ninguno de los AM quedaron en los grupos compuesto con alotetraploides CCDD de la especie *O. latifolia* u *O. glumaepatula* (Arrieta-Espinoza, 2007). La hibridación e introgresión podrían derivar nuevas poblaciones de AM no detectables en el campo que podrían diseminarse, por ejemplo, el caso del arrozón en Costa Rica que por años fue fácil distinguirlo del arroz por su mayor altura y color de las hojas verde pálido, actualmente, los productores de arroz se quejan de que el arrozón se ha mimetizado con el arroz cultivado, es decir tiene similar altura y madura simultáneamente con el cultivo (Valverde, 2005).

La caracterización bioquímica de algunas poblaciones de arroz rojo (AR) y silvestres recolectadas en arrozales en Venezuela mostró que la especie *O. latifolia* resultó diferente de las demás poblaciones AM y *O. glumaepatula*, mientras que estas últimas poseen una afinidad filogenética a nivel de las isoenzimas utilizadas en este estudio (Ortiz *et al*., 2004).

En Colombia se hizo una caracterización molecular de 150 poblaciones de AM utilizando 50 marcadores tipo microsatélites, ubicados en 8 cromosomas del genoma del arroz, encontrándose que 19 marcadores pudieron diferenciar a variedades, AM y especies del género *Oryza*. Así mismo, en este estudio se evidenció que el AM colombiano está compuesto por el grupo parecido a las variedades conocidos como varietales, más los cultivares de arroz que agruparon al tipo con lemma y pálea de color pajizo (58% de las poblaciones); otro grupo parecido a *O. rufipogon* de lemma y palea de color negro y aristados (7% de las poblaciones) y el grupo de AM propiamente dicho que incluyeron los que tuvieron lemma y pálea de color pajizo, marrón, dorado o marrón con estrías (35% de las poblaciones).

El grupo de varietales pudiera ser un indicador de hibridación entre las variedades de arroz y el AM, lo cual indica que estas poblaciones son reservorios del flujo de genes en el sistema arroz-arroz maleza (Lentini y Espinoza, 2005).

La presencia de uno o más granos de AR en lotes de multiplicación de semilla de arroz, hace indispensable la aplicación de un plan de manejo especial y estricto, que permita descontaminar los lotes de rojo, cuya sola presencia constituye el principal factor de rechazo (Agudelo y León, 1993).

En Venezuela, se ha observado que el AM procedente de lotes de semilla certificada muestran que 60,42% de las accesiones tuvieron característica mixtas entre el AM y las variedades de arroz, es decir, que este AM pudiera estar evolucionando hacia formas miméticas de las variedades; 31,25% exhibieron una morfología similar a las variedades de arroz, indicando que son varietales de AM y tan solo 8,33% tuvieron características contrastantes con las variedades de arroz sembradas en el país, el cual incluyó un silvestre de *O. glumaepatula* (Ortiz, 2005).

El objetivo de este trabajo de investigación fue identificar y caracterizar morfofisiológicamente poblaciones de AR presentes en el Distrito de Riego del Río Zulia, Departamento Norte de Santander, Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo de los AM se realizó en lotes comerciales de arroz del Distrito de Riego del Río Zulia, los cuales comprenden 10 000 ha en la jurisdicción de los municipios de Cúcuta y Zulia, en la parte media de la cuenca del Río Zulia. Las semillas se recolectaron cuando el cultivo de arroz se encontraba en la etapa de floración a maduración del grano. En total se seleccionaron 60 poblaciones de AM que presentaban diferencias morfológicas en cuanto a AP, longitud de la hoja bandera y segunda hoja, longitud de la panícula, forma y color del grano y presencia de aristas. Estas poblaciones se colocaron en bolsas de papel para su posterior identificación y caracterización.

En el laboratorio se realizó una caracterización morfológica de los granos, se determinaron los atributos siguientes: (a) largo, ancho y espesor tanto del arroz paddy como del cariópside, (b) longitud de la arista, (b) peso de 1 000 granos, (c) color de la lemma y pálea (d) color del pericarpio (Muñoz *et al*., 1993), basados en estas variables se realizó una agrupación por afinidad fenotípica y fueron seleccionados 22 poblaciones representativas de esta colección de AM y se estableció con ellas el experimento sobre caracterización morfológica en potes utilizando como sustrato un suelo típico del Distrito de Riego, libre de semillas de AR.

Se utilizó un diseño en bloques al azar con 4 repeticiones y 25 tratamientos (22 AM y 3 variedades de arroz. En cada pote se sembraron 10 semillas de cada población y variedad (Oryzica-1, Oryzica-3 y FEDEARROZ-50).

A los 15 días después de emergencia (DDE) de las semillas se hizo un raleo, dejando 4 plantas por pote. Así mismo, durante el ciclo de cultivo se realizaron las diferentes prácticas de manejo agronómico recomendadas para este tipo de ensayo y se determinaron las siguientes variables: (1) hábito de crecimiento, (2) capacidad de macollamiento, (3) resistencia al acame (4) desgrane predominante (6) AP hasta el ápice de la panícula, (7) longitud de la panícula, (8) excersión predominante de la panícula, (9) densidad predominante de la panícula, (10) días a inicio de floración, (11) forma del grano, (12) ángulo del ápice que forma la lema y la palea, (13) pubescencia predominante de la lemma y pálea, (14) presencia, tamaño y color de las aristas, (15) número de panículas por planta (16) número de granos panícula-1, (17) peso de mil granos, (18) largo, ancho y espesor del grano paddy, (19) largo del arroz cargo, (20) color del pericarpio del cariópside y (21) color de las lemma y pálea.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variedades de arroz mostraron un hábito de crecimiento erecto y semierecto, mientras que el 50% de los AM lo tuvieron intermedio, 41% semierecto y 8% abierto. De igual manera, las variedades tuvieron media capacidad de macollamiento, sin embargo el 36,4% de los AM fueron de buena, 31,8% media, 18,2% muy prolífera y 13,6 pobre capacidad de macollamiento. Oryzica-3 y Fedearroz 50 tuvieron fuerte resistencia al acame y Oryzica-1 fue moderadamente fuerte. El 45,45% de los AM evaluados mostraron resistencia al acame moderadamente fuerte; 36,36% intermedio 13,64% débil y 4,54% fuerte tendencia al acame. Las variedades de arroz tuvieron difícil desgrane mientras que el 31,81% de los AM fueron moderados, 31,81% intermedio, 18,18% moderado susceptible, 13, 63% difícil y 4,54% susceptible al desgrane (Cuadro 1).

CUADRO 1. Hábito de crecimiento, capacidad de macollamiento, resistencia al acame y tipo de desgrane predominante de arroces maleza y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander. Colombia.

Tratamientos	Hábito de crecimiento	Capacidad de macollamiento	Resistencia al Acame (volcamiento)	Desgranado predominante
Oryzica-1	Semi-erecto	Media	Moderadamente fuerte	Difícil
Oryzica-3	Erecto	Media	Fuerte	Difícil
Fedearroz-50	Semi-erecto	Media	Fuerte	Difícil
Zulia 1	Intermedio	Muy prolífera	Intermedia	Intermedio
Zulia 2	Semi-erecto	Media	Moderadamente fuerte	Moderado
Zulia 3	Semi-erecto	Buena	Moderadamente fuerte	Difícil
Buena Esperanza 1	Intermedio	Muy prolífera	Intermedia	Intermedio
Buena Esperanza 2	Intermedio	Buena	Moderadamente fuerte	Intermedio
Buena Esperanza 3	Intermedio	Muy prolífera	Moderadamente fuerte	Moderado
Buena Esperanza 4	Semi-erecto	Buena	Intermedia	Moderado
Buena Esperanza 5	Semi-erecto	Muy prolífera	Intermedia	Moderado
Risaralda 1	Intermedio	Media	Moderadamente fuerte	Moderado susceptible
Risaralda 2	Semi-erecto	Buena	Moderadamente fuerte	Intermedio
Risaralda 3	Intermedio	Media	Intermedia	Susceptible
Risaralda 4	Intermedio	Pobre	Moderadamente fuerte	Moderado susceptible
Londres 1	Intermedio	Media	Intermedia	Moderado
Londres 2	Abierta	Pobre	Débiles	Intermedio
Londres 3	Semi-erecto	Pobre	Moderadamente fuerte	Difícil
Londres 4	Abierta	Buena	Débiles	Moderado Susceptible

../... continúa

../... continuación CUADRO 1.

Tratamientos	Hábito de crecimiento	Capacidad de macollamiento	Resistencia al Acame (volcamiento)	Desgranado predominante
Floresta 1	Intermedio	Buena	Débiles	Intermedio
Floresta 2	Semi-erecto	Media	Moderadamente fuerte	Difícil
Floresta 3	Semi-erecto	Buena	Moderadamente fuerte	Moderado
Restauración 1	Intermedia	Media	Intermedia	Moderado Susceptible
Restauración 2	Semi-erecto	Buena	Intermedia	Intermedio
Restauración 3	Intermedia	Media	Fuerte	Moderado

Estos resultados indican una alta variabilidad fenotípica observada en los AM evaluados en cuanto al hábito de crecimiento, macollamiento, acame y desgrane, aunque muestra una tendencia que la maleza exhiba características que permitan cubrir más espacio en el campo como un hábito intermedio abierto, con buen macollamiento (15 a 19 hijos) y fácil de volcarse, estos atributos le permitirá competir mejor con las variedades de arroz. Igualmente, el alto desgrane unido a la latencia presente en el AM admitirá perpetuarse en el banco de semilla del suelo de manera de que emerjan varias cohortes de malezas a lo largo del ciclo de cultivo.

Diferentes autores han encontrado resultados similares, por ejemplo en Texas se encontró que el AM produjo de 42% a 47% más macollos que las variedades de arroz. También, se observó mayor tendencia al acame y desgrane en el AM que en la variedades (Noldin, 1999). De la misma manera en Venezuela se ha encontrado que los AM tienden a mostrar hábito de crecimiento intermedio y abierto, mayor macollamiento y desgrane que el arroz cultivado (Ortiz, 1997). Aunque en el mismo país, el 58% del AM de pericarpio rojo provenientes de lotes de semillas certificada de estado Portuguesa tuvo hábito de crecimiento y posición de la hoja bandera erecto; además la floración, Nº macollos y Nº panículas fueron parecidos a las variedades de arroz lo que podría indicar que la hibridación del AM con los cultivares, unido a la depuración manual de campos de semillas, están promoviendo el desarrollo de poblaciones de AM miméticas con el cultivo (Ortiz *et al*., 2007a).

El 50% del AM evaluado tuvo una longitud de las panículas menor que el cultivo y el otro 50% parecido. El 36,36% del AM mostró excersión de panícula similar a las variedades (4 a 6 cm); 31,80% tuvo menor longitud (0,5 a 2,5 cm); 18,18% exhibió panículas incluidas (sin excersión) y 13,64% presentó mayor excersión (7 a 8,5 cm). De la misma manera, el 40,91% del AM tuvo una densidad de panícula intermedia similar a las variedades de arroz; 22,73% fue semiabierta; 18,18% semicompacta y 18,18% abierta (Cuadro 2).

La longitud, excersión y densidad de la panícula da una idea de la cantidad de semillas que pudieran tener las poblaciones de AM y variedades. En el análisis anterior se observa que la mitad de los AM se parecen en longitud de panícula a las variedades y éstas a su vez son mayoritariamente intermedias en densidad y excertas, indicando que tienen un gran potencial para producir muchas semillas y por ende dado el alto desgrane de sus diásporas pueden convertirse en un gran contaminante de los banco de semillas de malezas del suelo.

La longitud de panícula del AM evaluado en Venezuela estuvo en el orden de 15 a 25 cm y la densidad de panícula compacta, intermedia y semicompacta, no encontrándose diferencia entre la maleza y el cultivo (Ortiz, 1997). No obstante, en Louisiana (USA) se observó que el AM tuvo panículas más largas que las variedades de arroz (Diarra, 1985).

El 77,27% de los AM obtuvieron AP similar a las variedades de arroz, mientras que el 22,73% fueron más altos (Figura 1). Interesante estos resultados ya que parecieran indicar que estas poblaciones de AM descrito por otros diversos autores (Ortiz, 1997; Noldin, 1999; Diarra *et al*., 1985; Morishima y Oka, 1975) como más altas que el cultivo están evolucionando hacia plantas pequeñas parecidas a los cultivares quizás para mimetizarse con el cultivo y escapar a prácticas culturales como la depuración manual de campos.

CUADRO 2. Longitud, excersión y densidad de la panícula de arroces maleza y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander. Colombia.

Tratamientos	Longitud de panícula* (cm)	Excersión de panícula*(cm)	Densidad de panícula
Oryzica-1	28,7 a-d	4,0	Intermedia
Oryzica-3	26,7 b-f	6,0	Intermedia
Fedearroz-50	31,0 ab	5,0	Intermedia
Zulia 1	23,3 e-h	0	Intermedia
Zulia 2	23,3 e-h	5,0	Semi-abierta
Zulia 3	25,0 c-g	6,0	Semi-abierta
Buena Esperanza 1	26,0 c-g	0,5	Semi-abierta
Buena Esperanza 2	22,0 e-h	0	Intermedia
Buena Esperanza 3	21,7 fgh	5,0	Intermedia
Buena Esperanza 4	23,0 e-h	0	Intermedia
Buena Esperanza 5	25,3 c-g	7,0	Abierta
Risaralda 1	21,0 gh	0	Intermedia
Risaralda 2	22,3 e-h	4,5	Intermedia
Risaralda 3	19,0 h	8,5	Semi-abierta
Risaralda 4	27,0 b-e	2,5	Semi-abierta
Londres 1	23,7 d-h	8,5	Semi-compacta
Londres 2	23,0 e-h	2,0	Abierta
Londres 3	33,0 a	5,5	Semi-compacta
Londres 4	29,0 abc	1,0	Intermedia
Floresta 1	26,0 c-g	6,0	Semi-compacta
Floresta 2	25,3 c-g	4,0	Intermedia
Floresta 3	26,7 b-f	1,5	Intermedia
Restauración 1	25,7 c-g	2,0	Abierta
Restauración 2	26,0 c-g	4,5	Abierta
Restauración 3	22,0 e-h	2,0	Semi-compacta
CV	10,6 %		

* Promedio en columnas con letras iguales no difiere estadísticamente al 5% según la prueba de Duncan. C.V.: Coeficiente de variación.

Esto también se ha observado en la producción de semilla certificada de arroz en el estado Portuguesa donde se encontró que el 94% de los AM (rojo) tuvieron similar o fueron más pequeños en AP que los cultivares Cimarrón, ZETA 15, Fedearroz 50, FONAIAP 1 y D-Sativa, mientras que solo el 6% de ellos fueron más altos (Ortiz *et al*., 2007).

En la Figura 2 se observa que el 54% de los AM coincidieron con la floración del arroz cultivado (65,71 a 79 DDS), mientras que el 45,45% de la maleza tuvo una floración más tardía (81,6 a 103 DDS). En Venezuela el AM y las variedades de arroz muestran variabilidad en la floración y no se observa una separación entre estos 2 grupos (Ortiz, 1997; Peña, 1999; Gómez, 2002; Castillo, 2006).

Sin embargo, Do Lago (1982) en Mississippi encontró que la población de lemma y pálea de color negro fue más tardío (105 DDE) que el de glumas pajizas (96 DDE), además de los cultivares Nortai (98 DDE) y Lebbonet (90 DDE).

El 47% de los AM procedente de lotes de semilla certificada en Portuguesa-Venezuela mostraron similar floración que las variedades de arroz (87-98,33 DDS); 40% fueron más tardías que las variedades y 13% más precoz, bajo condiciones de invernadero (Ortiz *et al*., 2007a).

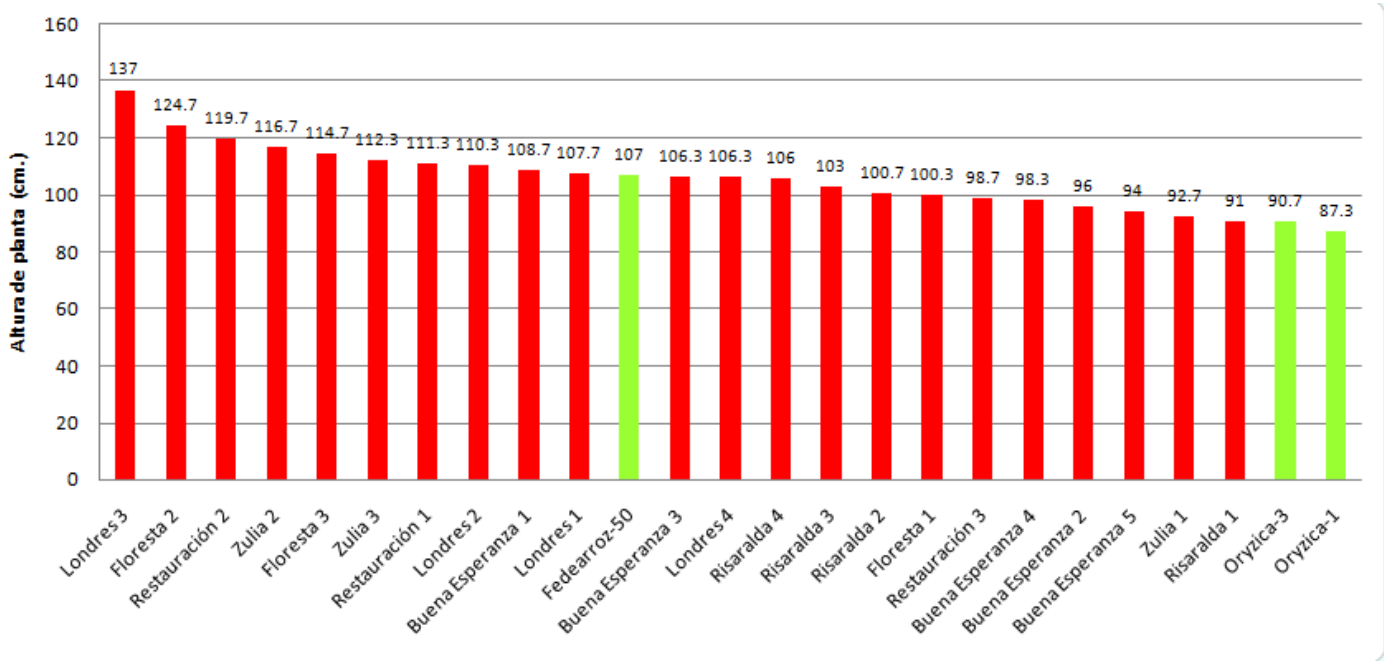


FIGURA 1. Altura de planta hasta el ápice de la panícula de arroces maleza y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander. Colombia.

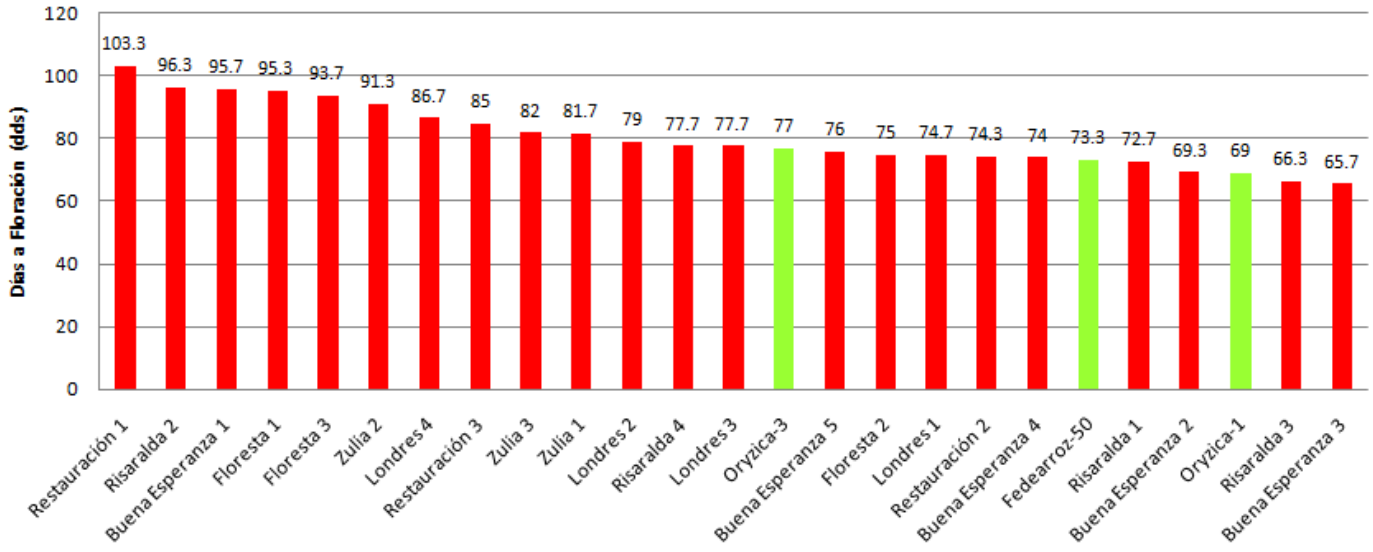


FIGURA 2. Días a floración de arroces maleza y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander. Colombia.

Específicamente en el estudio de los varietales de arroz maleza (VAM) generados en la producción de semilla certificada de la variedad D-Sativa se encontró que el 88% de los VAM de D-Sativa fueron más tardíos que la variedad y sólo el 11,11 tuvo floración similar mientras que el 71,43% de los VAM de la variedad FEDEARROZ 50 fueron más precoces que ella y 28,57% coincidieron con su floración (Castillo, 2006).

La progenie de el cruce del AM y un arroz cultivado mostró que el 96% de los individuos de la F_2 fueron más precoces que los padres (100-112 DDS, 2% tuvo 109-112 DDS y 1,63% se ubicó entre 100-103 DDS, mientras que el AM padre y la variedad ZETA 15 madre tuvieron 114 y117 DDS, respectivamente (Ortiz *et al*., 2008).

La coincidencia en floración entre poblaciones de AM y el arroz cultivado podría traer como consecuencia que se cruzaran y produzcan una descendencia con un mejor poder adaptativo (fitnes) que empeoraría aún más el control de AR dado que estos se hacen más agresivos y competitivos. El flujo de genes entre especies predominantemente autogamas es pequeño (Gealy, 2005; Shivrain, 2007) por eso se señala que la tasa en arroz y el AM fue de 0,036% y 0,086%, respectivamente (Messeguer *et al*., 2004). Sin embargo, hay otros estudios como el de Langevin *et al*. (1990), que muestran una alta tasa de flujo entre el AM y las variedades Lemont y Nortai con tasas de 1 y 52%, respectivamente, el cual se cree que está sobrestimado ya que es el único estudio donde se menciona una cifra tan alta de flujo en arroz y AM. Los híbridos entre el AM y el arroz cultivado producen plantas fértiles y semilla viable, además exhiben características más parecidas al AM (Langevin *et al*., 1990; Noldin *et al*., 1999; Oka y Chang, 1961; Davaus y Zamora, 2005).

El 45,45% de los granos del AM fueron alargados igual que la variedad de arroz FEDEARROZ; 27,2%; 13,64% y 13,64%, medios, anchos y pipones, respectivamente. Los cultivares Oryzica-1 y Oryziza-3 tuvieron granos curvados. El 95,45% de los AM tuvieron un ángulo del ápice de la lemma y pálea de 0-10° similar a Fedearroz 50 y el 4,55% parecido a Oryzica-1 y Oryzica-3 (11-40°). Todos los AM evaluados en este estudio tuvieron la lemma y pálea parcial o totalmente cubiertas con tricomas largos, mientras que Oryzica-1 fue pubescente en la quilla y los cultivares Oryzica-3 y FEDEARROZ 50 fueron pubescente hacia el ápice de la lemma y pálea. El 63,64% de los AM mostraron aristas de diversos tamaños (27,27% larga, 18,18% media y 18,18% cortas). Los AM que tuvieron aristas, éstas fueron de colores paja dorado, paja café y café en 9,09%; 22,73% y 31,82%, respectivamente (Cuadro 3).

Estos resultados son importantes tomarlos en cuenta al momento de evaluar la pureza de los lotes de semillas a certificar dado que las variedades evaluadas en este experimento tuvieron una pubescencia de la semilla diferente a los AM, pudiéndose utilizar este atributo como un marcador morfológico. Las variedades de arroz de california tienen lemma y pálea glabras que permiten diferenciarlas de los AM que son pubescentes (Ortiz *et al*., 2008).

En la Figura 3 se observa que el 32%; 40% y 28% de los AM mostraron entre 10,3 a 7,3; 6 a 7 y 4 a 5,3 panículas por planta, respectivamente. El número de granos por panícula fue heterogéneo y quizás esté asociado con el desgrane en las poblaciones de AM, en este estudio se muestra 4 grupos definidos según la productividad, 24%; 24%; 32% y 20% con 123 a 147; 113,7 a 119,7; 91,7 a 107 y 74,3 y 93,7 granos por panícula, respectivamente. Así mismo, se nota que hubo variabilidad en el peso de 1 000 semillas, encontrándose grupos que van entre los que pesan más (28 a 31 g); los intermedios 23,7 a 27,3 g; los de bajo peso entre 20,7 a 22,3 g y los menos pesados con 16,3 a 15 g. Cabe mencionar que los de mayor peso posiblemente estén asociados con los de mayor longitud de los granos tal como lo expresado por las variedades de arroz que tuvieron mayor peso de 1000 granos y granos más largos.

La variabilidad observada en este estudio, el número de panículas por planta, número de granos por panícula y peso de 1 000 g también ha sido señalada por diversos autores y es característico del AM (Ortiz, 1997; Castillo, 2006; Diarra *et al*., 1985; Arrieta-Espinoza *et al*., 2007; Gómez, 2002; Montealegre y Clavijo, 1992; Noldin *et al*., 1999).

Los AM mostraron una gran variabilid ad en cuanto a las dimensiones de los granos paddy, la población Floresta 2 tuvo granos paddy más largo que FEDEARROZ 50, mientras que Risaralda 3 más cortos. Las variedades Fedearroz 50 y Oryzica 1 tuvieron granos paddy más largos que Oryzica 3. Los AM y variedades que tuvieron granos paddy más largos también los mostraron menos anchos y de un espesor medio, mientras que los granos medios y cortos exhibieron semillas más anchas y de mayor espesor que se observa en Londres y Oryzica 1 (Figura 4).

CUADRO 3. Forma, ángulo del ápice, pubescencia y presencia de aristas de los granos de arroces maleza y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander. Colombia.

Tratamientos	Forma del grano	Ángulo del ápice	Glumas pubescencia	Arista tamaño (ms)	Color
Oryzica-1	Curvado	11°-40°	Pubescente en la quilla	Ausente	–
Oryzica-3	Curvado	11°-40°	Pubescente hacia el ápice de la lemma y pálea	Ausente	–
Fedearroz-50	Alargado	0°-10°	Pubescente hacia el ápice de la lemma y pálea	Ausente	–
Zulia 1	Ancho	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	7	Paja café
Zulia 2	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	6	Paja café
Zulia 3	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	1	Paja dorada
Buena Esperanza 1	Alargado	11°-40°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	5	Paja dorada
Buena Esperanza 2	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	4	Paja dorada
Buena Esperanza 3	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	3	Paja dorada
Buena Esperanza 4	Medio	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	5	Paja café
Buena Esperanza 5	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	Ausente	–
Risaralda 1	Pipón	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	1	Paja café
Risaralda 2	Medio	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	2	Café rojizo
Risaralda 3	Medio	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	2,5	Paja dorada
Risaralda 4	Medio	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	1	Paja café
Londres 1	Medio	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	Ausente	–
Londres 2	Pipón	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	Ausente	–
Londres 3	Ancho	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	Ausente	–
Londres 4	Pipón-Ancho	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	6	Paja dorada
Floresta 1	Medio	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	7	Café
Floresta 2	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	4	Paja dorada
Floresta 3	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	Ausente	–
Restauración 1	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas largo	Ausente	–
Restauración 2	Alargado	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	Ausente	–
Restauración 3	Ancho-corto	0°-10°	Parcial o totalmente cubiertas con tricomas cortos	Ausente	–

En la Figura 5 se evidencia que el 50% de los AM tuvieron la longitud de los cariópsides clasificadas como granos medios similares a Oryzica 3 (5,6 a 6,5 mm); el 27,27% fueron largos (6,6 a 7,5 mm) compartiendo con las variedades Fedearroz 50 y Oryzica 1; 18% fueron cortos (< 5,5 mm) y el 4,55% resultaron extralargos (>7,5 mm).

El 73%, 14%, 9% y 4% de los AM presentaron el pericarpio de color rojo, rosado, café y blanco (como las variedades), respectivamente (Figuras 6 y 7). Es interesante resaltar que el AM Restauración 3 tuvo el pericarpio de color blanco similar al arroz cultivado y sus granos fueron pequeños como los típicos AM, quizás pudiera indicar estos atributos, que esta población es producto de hibridación de la maleza con las variedades de arroz.

Por su parte, Castillo (2006), seleccionó 750 panículas, en campos de multiplicación de semilla categoría certificada en Portuguesa, de cada una de las variedades D-Sativa y Fedearroz 50, encontrando que la primera mostró 38,89% varietales con pericarpio rojo y 61,11% beige, mientras que la segunda 71,43% y 28,57.

De la misma manera, el 54%, 32% y 14% de los AM tuvieron lemma y pálea de color café, pajizo (similar a las variedades) y negro. Los AM de lemma y pálea de color negro tuvieron tamaño del paddy más pequeños, mientras que dentro del grupo de los cafés y pajizos hubo variabilidad, se encontraron poblaciones tantos con granos largos, medianos y pequeños (Figura 6 y 7).

FIGURA 3. Número de panículas m^{-2}, número de granos panículas^{-1} y peso de mil granos de arroces malezas y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander. Colombia.

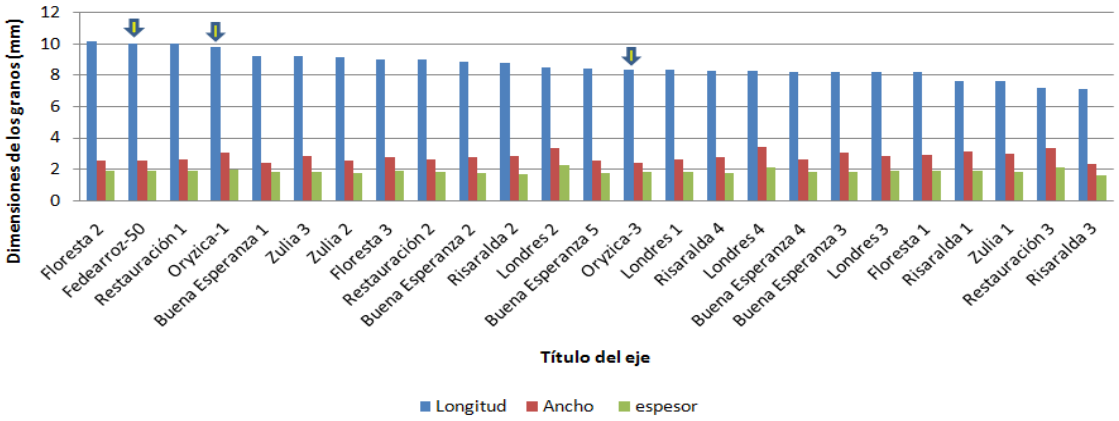


FIGURA 4. Dimensiones de los granos de arroces malezas y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander. Colombia. Las flechas señalan a las variedades de arroz.

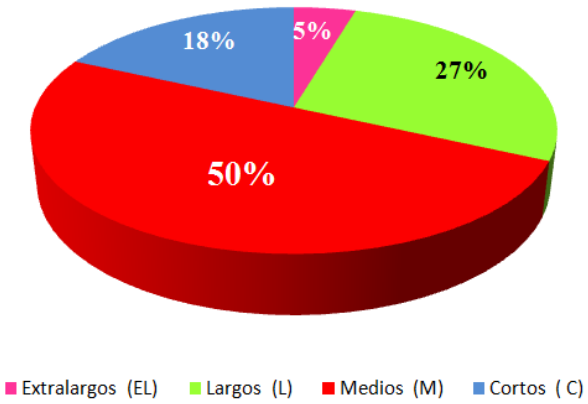


FIGURA 5. Tipos de granos según longitud de los cariópsides de arroces malezas y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander. Colombia. Fedearroz 50 y Oryzica 1 son de granos largos y Oryzica 3 medio.

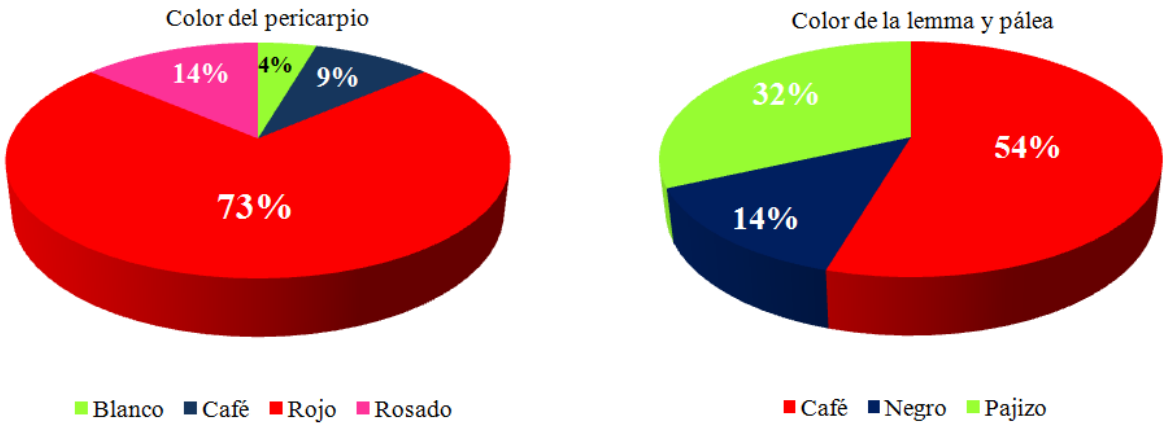


FIGURA 6. Frecuencia de expresión del color del pericarpio y de la lemma y pálea en arroces malezas y variedades de arroz en el Distrito de Riego Zulia, Norte de Santander. Colombia.

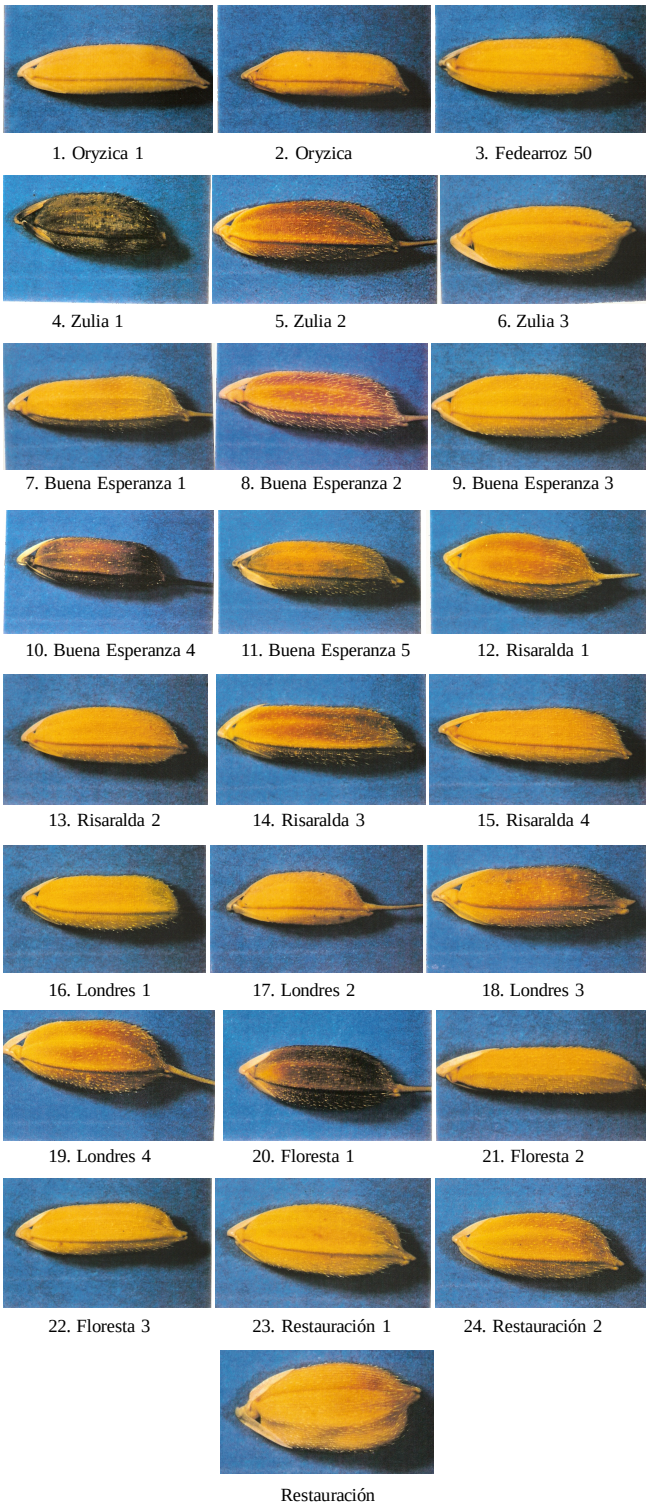


FIGURA 7. Tipos de semillas de arroces malezas y variedades recolectados en el Distrito de Riego del río Zulia, Norte de Santander, Colombia.

Del cruce de una variedad de lemma y pálea de color pajizo y pericarpio blanco con un AM-rojo negro y rojo, se encontró que la F1 mostró lemma y pálea de color negro y pericarpio rojo, indicando que el negro y rojo fueron dominantes sobre el pajizos y beige, respectivamente (Davaus y Zamora 2005).

Posteriormente, la F_2 de este cruce fue evaluado mostrando una distribución asimétrica del color de las glumas, donde el 62,12% de los individuos tuvieron glumas negras similar al AR y 37,88% de color pajizo parecido a la variedad, es decir la relación del negro sobre el pajizo fue de 1,64 (Ortiz *et al.*, 2008).

En Venezuela, los AM más frecuentes son los que tienen la lemma y pálea de color: (a) negro con arista media, marrón arista media, pajizo sin aristas y marrón arista larga (Ortiz y Budoswki, 1998).

CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones de este estudio se encontró una alta variabilidad fenotípica en los AM evaluados en el hábito de crecimiento, macollamiento, acame, desgrane, longitud de la panícula, excersión, densidad de la panícula, AP, días de floración, forma y dimensiones de los granos, presencia/ausencia de arista y color de la lemma-pálea y pericarpio, lo que pudiera indicar algún grado de introgresión hacia la morfología de las variedades debido a la ocurrencia natural de hibridación en campo de arroz.

- Los atributos más constantes en el AM fueron el ángulo del ápice de la lemma de 0-10° con excepción de Buena Eperanza 1 (10-40°) y la pubescencia de la lemma y pálea carácter constante en todos los AM evaluados y diferentes al de las variedades, lo cual indica que pudiera utilizarse como un marcador morfológico durante la prueba de pureza en la certificación de semillas.

BIBLIOGRAFÍA

Arrieta-Espinoza, G., E. Sánchez, S. Vargas, J. Lobo, T. Quesada and A. Espinoza. 2007. The weedy rice complex in Costa Rica. I. Morphological study of relationships between commercial rice varieties, wild Oryza relatives and weedy types. Genetic Resources and Crop Evolution (2005)52:575-587.

Agudelo, G y G. León, 1993. El arroz rojo en la multiplicación de semillas. FEDEARROZ-Colombia. Revista Arroz 349(38):30-31.

Canal, R. 2000. Caracterización morfofisiológica de biotipos y evaluación de niveles de infestación de la maleza arroz rojo (*Oryza sativa*), en el Distrito de Riego del Río Zulia, Norte de Santander, Colombia. Tesis de Maestría. Maracay, estado Aragua. Venezuela. Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET). 80 p.

Castillo, J. 2006. Evaluación de la contaminación con arroz rojo en la producción de semillas y granos de arroz en el estado Portuguesa. Tesis de Grado. Maracay, estado Aragua. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 90 p.

Davaus, Y. y J. Zamora. 2005. Evaluación de la hibridación natural entre la variedad de arroz zeta 15 y el arroz rojo negro sin arista. Trabajo de grado. Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 75 p.

Diarra, A, R., Smith and R., Talbert. 1985. Growth and Morphological Characteristics of Red Rice (*Oryza sativa*) biotypes. Weed Science. 33:310-314.

Do Lago, A. A. 1982. Characterization of Red Rice (*Oryza sativa* L.) Phenotypes in Mississippi. Ph.D dissertation. Mississippi State, MS Mississippi State University. 143 p.

Federación Nacional De Arroceros (FEDEARROZ). 2000. II Censo Nacional Arrocero. Santafé de Bogotá. 30-46 p.

Fischer, A. and A. Ramírez. 1993. Red Rice (*Oryza sativa*): Competition studies for management decisions. Int. J. Pest Manage. 39:133-138.

Fischer, A. 1997. Manejo integrado de malezas del arroz. **In:** MIP en Arroz. Caracas Fundación Polar, FEDEARROZ, CIAT. p. 31-49.

García, G. y R. Regino. 1995. Comparación de índices de crecimiento y desarrollo de algunos tipos de arroz rojo y de las variedades Oryzica-1 y Oryzica Llanos-5. Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ). Revista Arroz 44(394):28-35.

Gealy, D. 2005. Gene movement between rice (*Oryza sativa*) and weedy rice (*Oryza sativa*) - AU.S. temperate rice perspective. **In:** J. Gressel, ed. Crop ferality and volunteerism. Boca Raton: CRC press, Taylor and Francis Group. 323-354 p.

Gómez, O. 2002. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonómica de las especies del complejo de malezas arroz rojo de las principales zonas productoras de arroz en Venezuela. Tesis de grado. Maracay, estado Aragua. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 105 p.

Hernández, R. 1991. Situación y perspectivas del sector arrocero en Colombia en: Memorias del primer encuentro Andino de arroceros. Integración Andina del sector arrocero. Santafé de Bogotá. 75-89 p.

Langevin, S. A., K. Clay and J. B.Grace. 1990. The incidence and effects of hybridization between cultivated rice and its related weed red rice (*Oryza sativa* L.). Evolution 44:1 000-1 008

Lentini, Z. and A. Espinoza. 2005. Coexistence of Weedy Rice and Rice in Tropical America - Gene Flow and Genetic Diversity. In: Crop Ferality and Volunteerism: A Threat to Food Security in the Transgenic Era. J. Gressel, ed. CRC Press. 303-319 p.

Messeguer, J., V. Marfa, M. Catala, E. Guiderdoni and E. Mele. 2004. A field study of pollen-mediateVd gene flow from Mediterranean GM rice to conventional rice and the red rice weed. Mol. Breed. 13:103-112.

Montealegre, F. y J. Clavijo. 1992. Tipos de arroz rojo en Colombia. Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ). Revista Arroz 40(375):16-23.

Morishima, H. and H. Oka. 1975. Comparison of growth pattern and phenotypic plasticity between wild and cultivated rice strains Japan. J. Genetics 50:53-65

Muñoz, G., G. Giraldo y J. Fernández. 1993. Descriptores Varietales: arroz, fríjol, maíz, sorgo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Palmira. Colombia. 15-44 p.

Noldin, J. J. Chandler and G. McCauley. 1999. Red Rice (*Oryza sativa*) Biology I. Characterization of Red Rice Ecotypes. Weed Technology 13(1):12-18.

Oka, H. I. and W. T. Chang. 1961. Hybrid swarms between wild and cultivated rice species, *Oryza perennis* and *O. sativa*. Evolution 21:418-430.

Ortiz, A. 1997. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonómica de ecotipos de arroz rojo y variedades de arroz en Venezuela. Tesis de Postgrado en Agronomía. Maracay, estado Aragua. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 117 p.

Ortiz, A. y T. Budowski. 1998. Estudio preliminar de la incidencia de arroz rojo y otras malezas en el arrozal venezolano. Investigaciones Agrícolas - DANAC (3):1-1.8.

Ortiz, A. 2005. Caracterización morfofisiológica de genotipos de arroz rojo provenientes del programa de certificación de semilla de arroz en el estado Portuguesa año 2004. Trabajo Especial. Doctorado de Ciencias Agrícolas. Maracay, estado Aragua. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía 126 p.

Ortiz A., O. Gómez y C. Ramis. 2004. Caracterización bioquímica de poblaciones del complejo de maleza arroz rojo en Venezuela. Agronomía Trop. 54(3):257-273.

Ortiz, A., A. Pérez, J. Ochoa y J. Vicente Lazo. 2007. Caracterización del arroz rojo proveniente de lotes de semilla de arroz. Parte I. Agronomía Trop. 57(3):147-156.

Ortiz, A., R. Miranda, C. Ramis y R. Figueroa. 2007. Caracterización morfológica de una población F_2 obtenida del cruce natural entre un cultivar arroz y un arroz rojo (PARTE I). Agronomía Trop. 57(3):157-169.

Ortiz, A., Albert Jean Fischer, Chris Greer, Barbara Schaal, James Eckert, María Dolores Osuna and Emilio Laca. 2008. Arroz Maleza en California. **In:** Memorias XVIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM) y XXVI Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. Ouro Preto- Minas Gerais. Brasil. CD-Room. 6 p.

Peña, J. 1999. Caracterización morfológica y taxonómica de las especies involucradas en el complejo de malezas denominado arroz rojo (Oryza- poaceae) de las zonas arroceras de venezolanas. Tesis de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 88 p.

Shivrain, V., N. Burgos, M. Anders, S. Rajguru, J. Moore and M. Sales. 2007. Gene flow between Clearfield TM rice and red rice. Crop Protection 26:349-356.

Valverde, B. 2005. The Damage By Weedy Rice -Can Feral Rice Remain Undetected. **In:** Crop Ferality and Volunteerism: A Threat to Food Security in the Transgenic Era. J. Gressel, ed. CRC Press. 279-294 p.

Agronomía Trop. 59(4): 401-411. 2009

ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA, N, P Y K EN FRIJOL CULTIVADO BAJO LABRANZA MÍNIMA Y CONVENCIONAL EN UN MOLLISOL DE VENEZUELA

ACUMULATION OF DRY MATTER, N, P AND K IN COWPEA GROWN UNDER MINUMUM AND CONVENTIONAL TILLAGE IN A MOLLISOL OF VENEZUELA

Rodolfo Delgado*, Evelyn Cabrera de Bisbal*, Bethsaida Ortega y Lorenzo Velásquez*****

* Investigadores y **Técnico Asociado a la Investigación. INIA-CENIAP y *Profesor de Postgrado en Ciencias del Suelo. FAGRO UCV. Área universitaria, Maracay 2101. Apto. Postal 4669. Email: rdelgado@inia.gob.ve
*** Investigador. INIA- Portuguesa.

RESUMEN

El conocimiento del patrón de acumulación de materia seca (MS), y nutrimentos en frijol, *Vigna unguiculta*, puede emplearse para mejorar la cantidad y épocas de fertilización y mejorar prácticas de manejo. En este estudio se evaluó la acumulación de MS, N, P, y K en hoja, tallo, grano, vaina, y área foliar (ÁF) a los 15, 29, 43, 58, y 73 días después de germinación (DDG) en fríjol variedad Tuy, cultivado en labranza mínima (LM) y labranza convencional (LC), en un Mollisol del estado Aragua, en un experimento en bloques con tratamientos distribuidos aleatoreamente con 3 repeticiones. En cada unidad experimental se cosecharon 3 plantas por muestreo. El patrón de acumulación de MS, N, P, y K fue similar en LC y LM, y en promedio 69% de la MS, y 92, 79 y 78% del N, P, y del K es acumulado entre 43 y 58 DDG. La MS, N, P, y K en LC fue estadísticamente mayor que en LM a los 15 y 58 DDG para N, a los 58 DDG para P, y 43 y 58 DDG para K. La relación ÁF/MS no presentó diferencias entre LC y LM: decreció, en promedio, desde 412,95 cm^2/g MS a los 15 DDG, hasta 72 cm^2/g MS a los 58 DDG. El P, K, y N absorbido, de manera individual, explican entre 99 y 94%, 98 y 90%, y 73 y 37% de la variación en MS en LC y LM, respectivamente.

Palabras Clave: Acumulación; nutrimentos; *Vigna unguiculta*; labranza; patrón acumulación materia seca.

SUMMARY

The knowledge of the pattern of dry matter (DM) production and nutrient uptake by -cowpea, *Vigna unguiculta*, could be usefull to improve the quantity and application time of fertilizers. We evaluated the acumulation of DM, N, P, and K in leaf, steam, grain, pod, and foliar area (FA) a the 15, 29, 43, 58, and 73 days after germination (DAG) in cowpea (variety Tuy), sowed under minimun (MT) and conventional tillage (CT), in a Mollisol soil located at Aragua state in Venezuela, in an experiment of Random block desing with three repetitions. In each sampler time three plants were collected in each experimental unit. We found that the patter of DM accumulation and of nutrient uptake were similar between MT and CT, and in average 69% of the DM, and 92, 79 and 78% of the N, P, and K were accumulated in the period between 43 and 58 DAG. The DM, N, P, and K in CT were statisticaly greater than in MT at the 15 and 58 DAG for N, at the 58 DAG for P, and 43 and 58 DAG for K. The ratio FA/DM were similar in CT and MT: in average, it decreased since 412.95 cm^2/g DM at the 15 DAG, until 72 cm^2/g DM at the 58 DAG. The P, K, and N taken up, individually, explain between 99 and 94%, 98 and 90%, and 73 and 37% of the variation in DM in CT and MT respectivelly.

Key Words: Cowpea; *Vigna unguiculta*; dry matter accumulation pattern; tillage; nutrients uptake.

RECIBIDO: abril 15, 2008

ACEPTADO: junio 26, 2009

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, el frijol es una de las principales leguminosas cultivadas y de gran importancia en la dieta para cubrir los requerimientos nutricionales de la población. El frijol se cultiva en diferentes sistemas de producción, prácticas de manejo, labranza y condiciones de fertilidad de suelos, sin embargo, poco se conoce del patrón de crecimiento y absorción de nutrimentos del mismo y de la relación entre estos, lo que puede ser utilizado para el establecimiento de prácticas apropiadas de manejo (ejemplo dosis y épocas de fertilización, y riego). Los estudios realizados en frijol normalmente se han orientado hacia la evaluación de variedades, prácticas de manejo (ejemplo densidad de siembra, aplicación de dosis y fuentes de nutrimentos), evaluaciones agronómicas (determinación de producción) y el impacto de utilización de frijol en rotación con cereales (maíz).

El conocimiento del patrón de acumulación de materia seca (MS) y nutrimentos, repartición de los mismos entre los diferentes órganos de la planta, la relación entre producción de MS y el mismo. Así como, el impacto de diferentes prácticas de manejo o variaciones ambientales en los mismos podría permitir diseñar, entre otros aspectos, sistemas de manejo para mejorar la producción y desempeño del cultivo, e incrementar la eficiencia de uso de insumos (ejemplo fertilización, agua del suelo), o recursos naturales (ejemplo radiación, fechas de siembra, densidad de siembra).

En sus trabajos, Gumbs *et al*. (1982) encontraron que la concentración de N y P de las hojas de frijol variaron posiblemente asociado a cambios o variaciones en el contenido de humedad del suelo e indican que la suplencia de estos nutrimentos debe ser adecuada incluso después de floración.

Por otra parte, Imsande (1988), destaca que las tasas de acumulación de peso fresco y de acumulación de N-nitrato por frijol se incrementan desde el inicio del ciclo del cultivo hasta el comienzo de la etapa reproductiva donde alcanzan el máximo, disminuyendo luego de ello. En la etapa de llenado de vaina se absorbe entre 32 y 23% del N del N total absorbido durante el ciclo del cultivo.

En estudios de respuesta del frijol a la aplicación de P, y concentración y absorción de nutrimentos, Fageria (1991), encontró que la acumulación de la MS aérea total se incrementó levemente hasta los 30 d, lo que de manera drástica hasta los 56 d, después se incrementó ligeramente hasta los 76 d.

La acumulación de P presentó un patrón similar al de MS, pero entre los 56 y 76 d este disminuyó, lo cual se atribuye a la redistribución de este elemento hacia la formación el fruto. Así mismo, denota que, la distribución relativa al total de nutrimento absorbido por el frijol, las raíces retienen el máximo de Fe (72%) y el mínimo de K y Ca (5%), mientras que en la parte aérea (sin incluir semilla y vaina) retienen el máximo de Ca (82%), y aproximadamente 50% de P, K, y Mg y 65% de Mn.

Además, indica que grandes cantidades de P (35%), K (36%), Zn (46%) y Cu (36%) fueron removilizados a las semillas, mientras que en las vainas se observó cantidades apreciables de Mg (20%) y Cu (17%). De la distribución de nutrimentos en las partes de la planta, se sugiere la importancia de la incorporación de los residuos de frijol como un mecanismo de reciclaje de cantidades importantes de P, K, Ca, y Mg, y ello permitirá la reducción en los costos de fertilización en los diferentes sistemas de producción, suelos, o condiciones climáticas en las cuales se cultiva el frijol en Venezuela.

Relacionado al efecto del tipo de labranza en el patrón de acumulación de MS, producción y acumulación de nutrimentos, Gutiérrez *et al*. (2001) observaron mayor número de vaina (13,5 vainas / planta) en cero labranza (CL) que en labranza convencional (LC; 8,3 vainas / planta), aunque no se observó diferencias significativas en el número de granos por vaina (6,84 y 6,79 granos / vaina para CL y LC, respectivamente), y si en el peso de 100 semillas fue más elevado en LC (21,95 g 100^{-1} semillas) que en CL (20,21 g 100^{-1} semillas).

En este sentido, Gutiérrez *et al*. (2001) no detectaron diferencias significativas entre CL y LC en la producción de grano (1 895 y 1 732 kg ha^{-1} en CL y LC, respectivamente). Por otra parte, Gumbs *et al*. (1982) indica que la concentración de N, P y K no fue afectada significativamente en las hojas de fríjol debido al tipo de labranza.

En otros estudios, Awodun (2007) evaluando diferentes tipos e intensidad de labranza en un suelo franco arenoso de Nigeria, indica que se obtuvo menor rendimiento bajo mínima labranza (ML), sistema en el cual existía más elevados contenidos de humedad y nutrimentos en el suelo y señala que posiblemente la más elevada densidad aparente (Da) del suelo bajo LM influyó negativamente en la producción del cultivo. Adekalu y Okunade (2006), en tipos de labranza encontraron que la mayor producción del frijol se obtuvo con LM (pase de arado

de disco) y LC (arado de disco más rastra), en relación a CL o el acondicionamiento del terreno con escardilla, mantenía mayor cantidad de agua en el suelo.

En Venezuela, algunos esfuerzos se han orientado a la caracterización de materiales genéticos y de los componentes del rendimiento (Flores *et al*., 2005), efectos de la fertilización y coberturas en la concentración de nutrimentos en la semilla (Márquez *et al*., 2003). Sin embargo, poco se ha analizado sobre el patrón de acumulación de MS y nutrimentos, así como del impacto del tipo de labranza en los mismos, información que podría ser utilizada para mejorar la estrategia de fertilización y aplicación de riego complementario, y otras prácticas de manejo, y esto constituye el objetivo del trabajo.

En relación al tipo de labranza, se evaluará el impacto de la LC que es de amplio uso en el país, y se contrastará contra la LM que es conocida que mejora condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, pero que en etapas iniciales de su implementación podría generar algunos efectos no deseados que podrían impactar negativamente el desempeño del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del sitio experimental y del ensayo

El estudio se realizó en un suelo Fluventic Haplustoll ubicado en el campo experimental del INIA-CENIAP, en Maracay, estado Aragua, a 10º 17' N y 67º 37' O, en el cual se condujo un estudio de evaluación de rotación de maíz-frijol, maíz-soya, maíz-rastrojo cultivado en LM y LC.

En el Cuadro se indican las principales características físicas y de fertilidad del sitio experimental, evaluadas al final del cultivo previo maíz, y que corresponde a las condiciones iniciales para el frijol. En LC se observó, en los horizontes de 0 a 10 cm, Da inferiores a las de LM. La textura del suelo en los diferentes horizontes de LM y LC fue franca, y los contenidos de arcilla fluctuaron entre 15 y 22%, los de arena entre 40 y 55%, y el limo entre 34 y 40%.

El estudio de la acumulación de MS y de nutrimentos durante el ciclo del cultivo del frijol y distribución de los mismos entre diferentes órganos aéreos de la planta, bajo LM y LC, se realizó en el tratamiento de rotación maíz-frijol.

El análisis se llevó a cabo en 3 repeticiones del tratamiento maíz-frijol. Las parcelas contaban de una área de 50 m^2 (5 m *10 m), donde se sembró el frijol variedad Tuy a una distancia entre hilos de 0,5 m y entre plantas de 0,05 m (población de 400 000 plantas ha^{-1}). En LC el suelo se preparó mediante 3 pases continuos de rastra, mientras que en LM sólo se disturbo para la colocación del fertilizante en banda entre 5 a 8 cm del hilo de siembra.

La siembra se efectuó a coa, aproximadamente 3-4 cm de profundidad. En el ciclo del frijol no fue empleado la aplicación de fertilizantes, enmiendas, o riego, y se permitió que el frijol utilizara los nutrimentos y humedad remanentes del cultivo previo (maíz).

CUADRO. Principales características físicas y de fertilidad del suelo en los tratamientos de labranza mínima y labranza convencional.

Profundidad (cm)	Parámetros de suelo: P disponible mg kg^{-1}		K disponible mg kg^{-1}		Materia orgánica (%)		pH 1:2,5		Da (g cm^{-3})		Micro-porosidad (%)		Macro-porosidad (%)	
	LM	LC	LM	LC	LM	LC	LM	LC	LM	LC	LM	LC	LM	LC
0 - 5	31	55	173	234	2,97	2,77	6,70	6,68	1,64	1,62	37,6	38,2	17,3	19,3
5 - 10	25	35	127	136	2,23	2,00	6,86	6,69	1,74	1,70	42,0	36,6	13,4	14,5
10 - 20	17	26	85	83	2,11	1,74	7,11	7,00	1,72	1,73	38,4	36,0	14,4	16,5
20 - 30	14	19	63	70	1,94	1,65	7,49	7,30	1,69	1,68	41,1	33,2	15,2	17,0
30 - 40	13	11	74	57	2,03	0,91	7,58	7,70	1,73	1,68	44,1	34,1	12,6	18,2
40 - 50	8	5	66	36	1,35	0,40	5,38	7,89	1,67	1,70	42,6	36,8	13,1	16,0

Evaluación de acumulación y distribución de materia seca y nutrimentos, y área foliar

La evaluación de MS se realizó a los 15, 29, 43, 58, y 73 días después de la germinación (DDG). En cada muestreo se seleccionaron 3 plantas en cada una de las 3 repeticiones de LM y LC y se separaron en hojas, tallos, y fruto (vainas, granos). En cada parcela, a 2 de las 3 plantas cosechadas se les determinó el área foliar (ÁF) mediante el empleo de un equipo Escaner Delta-T SCAN; y se peso la MS de hojas asociada a esa ÁF. La MS total de hojas, tallos, y frutos se determinó colocando la totalidad del material fresco en estufa a 65 °C hasta peso constante. El material vegetal, una vez fuera de estufa, fue molido y tamizado a 2 mm para la determinación de N, P, y K. La determinación de N se realizó por digestión seca mediante LECO, y la determinación de P, y K, luego de digestión humedad mediante ácido sulfúrico y peroxido de hidrógeno, por colorimetría y absorción atómica, respectivamente. La absorción de nutrimentos se expresa basados a mg N, P, K / tres plantas.

Análisis estadístico: La determinación del análisis de la varianza y prueba de media se realizó mediante el programa estadístico SAS (1998), empleando los procedimientos Glm, Means y Reg. Para la prueba de media se utilizó Tukey (α =5%), el análisis se realizó como un diseño completamente aleatorizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción y distribución de MS entre órganos de la planta durante el ciclo del cultivo en LM y LC

En al Figura 1 se indica la acumulación de MS total, y la distribución en las diferentes partes de la planta (hoja, tallo y fruto) durante el ciclo del cultivo en LC y LM. La acumulación de MS total en LC, aunque durante todo el ciclo del cultivo fue más elevada que en LM, sólo fue significativamente superior a los 15 y 58 DDG. Posiblemente la mejor condición física del suelo en LC, debido a reducción de la Da del suelo, permitió un mejor desarrollo y producción de MS en los primeros 15 días después de la germinación (DDG).

De manera similar ocurrió en MS en hojas, tallos, fruto que fue significativamente mayor en LC que en LM a los 43 DDS para hojas, y a los 58 DDS en MS tallo y MS fruto.

El patrón de acumulación de MS en LC y LM es similar: el máximo de MS durante el ciclo del cultivo se observó a los 58 DDG, con un promedio de 58 y 21 g MS / 3 plantas para LC y LM, respectivamente. En los primeros 43 DDG únicamente se había acumulado aproximadamente 31% de la MS total producida durante el ciclo del cultivo (relativo al 100% acumulado a los 58 DDG donde se obtuvo el máximo) y es en el período entre 43 y 58 DDG se acumuló aproximadamente el 69% de la MS total producida: la tasa de acumulación de MS entre los 15 y 43 DDG fluctúo entre 0,49 y 0,16 g MS 3 plantas / día para LC y LM, respectivamente, mientras que entre los 43 y 58 DDG la tasa fluctuó entre 2,72 y 0,98 g MS 3 plantas / día para LC y LM, respectivamente.

En general, este comportamiento de acumulación relativa de MS, coincide con lo indicado por Jacquinot (1967) quien encontró que a los 38 y 57 DDS de las variedades de *Vigna* de ciclo corto por el evaluadas, sólo habían acumulado en promedio 8 y 35% de la MS total acumulada, respectivamente, y que ocurría un notable incremento en la MS total luego de los 58 d asociado a un incremento de la MS de tallos y de frutos.

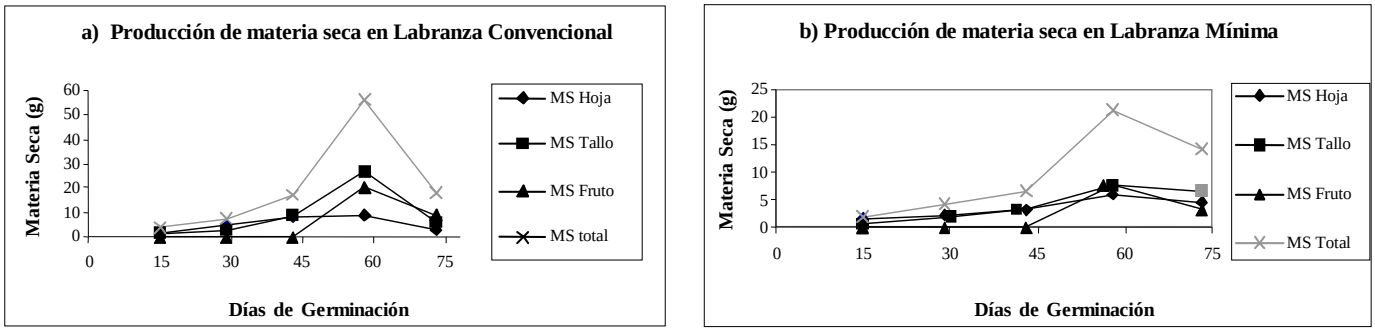


FIGURA 1. Producción de materia seca en diferentes órganos del cultivo de frijol cultivado en condiciones de labranza mínima y labranza convencional.

En relación a la distribución de la MS entre órganos de la planta, se observó que en los primeros 29 DDG la producción de MS total en hojas es mayor que la MS orientada a tallos en LC o similar que la MS en tallos en LM, y es después de esta fecha y hasta el final del ciclo del cultivo, que la MS en tallos es mayor que en hojas.

A los 43 DDG la acumulación relativa de MS fue 92% (LC) y 53% (LM) para hojas y 34% (LC) y 45% (LM) para tallo, lo que sugiere que la formación de hojas ocurre más rápidamente que la de tallo, aunque ambos órganos alcanzan el máximo (100% acumulación relativa) a los 58 DDG, coincidiendo con lo indicado por Jacquinot (1967) quien encuentra que la acumulación de MS en hojas alcanza su máximo antes que la máxima acumulación de MS en tallos.

Por otra parte, en el período entre 43 y 58 DDG, en el cual ocurre un incremento notorio de la MS total en LC y LM, se observó que 50% del mismo en MS total en este período, se debe a la producción de fruto, entre 36 y 30% a producción de tallos, y entre 20 y 21% a la producción de hojas.

La MS del fruto representó entre 37% (LC) y 36% (LM) a los 58 DDG, y entre 48% (LC) y 23% (LM) de la MS total a los 73 DDG, y la tasa de acumulación de MS de fruto en este período fluctuó entre 1,37 y 0,51 g MS 3 plantas / día en LC y LM. La MS de grano a los 73 DDG correspondió entre 34 y 12% de la MS total acumulada para LC y LM, respectivamente.

La disminución en la MS total, hojas, tallos, y frutos entre 58 y 73 DDG posiblemente tiene que ver con la translocacion de fotosintetizados, y nutrimentos desde los diferentes órganos de la planta (ejemplo hojas y tallos) hacia la formación de grano. Sin embargo, no se descarta que en ese período haya ocurrido pérdida de materia de la parte aérea de la planta hacia el suelo debido a la precocidad del cultivo.

Relación entre materia seca foliar y área foliar

En la Figura 2 se presenta el ÁF y su relación con la MS durante los primeros 58 DDG, en LC y LM. El ÁF en LC fue significativamente superior (Tukey = 5%) a la de LM a los 15, 28 y 43 DDG. El ÁF se incrementó hasta los 43 DDG en LC y hasta 29 DDG en LM, luego de lo cual disminuyó en LC y se mantuvo constante en LM. En LC el máximo de ÁF a los 43 DDG no coincide con la máxima producción de MS en hojas, la cual se extendió hasta los 58 DDG (Figura 1). Los días de máxima ÁF en LC coincide con los días de máxima índice de ÁF (de 45 a 60 días después de la siembra) encontrados por Littleton *et al*. (1979), aunque en LM la máxima ÁF se alcanza antes que en LC. Craufurd (1996) también señala máximos índices de ÁF, promedio de diferentes densidades de siembra, a los 45 d en una localidad, y a los 50 d en otra localidad (7 d luego de la floración), y en ambas localidades declinó rápidamente hasta el final del ciclo del cultivo.

La relación del radio ÁF / MS, no presentó diferencias significativas entre LM y LC en ninguno de los muestreos realizados durante el ciclo del cultivo, y la misma tiende a decrecer desde los 15 DDG, tendió entre 540,5 y 285,4 cm^2 / g MS en LC y LM, respectivamente, hasta los 58 DDG donde fluctuó entre 151 y 93 cm^2 / g MS en LC y LM.

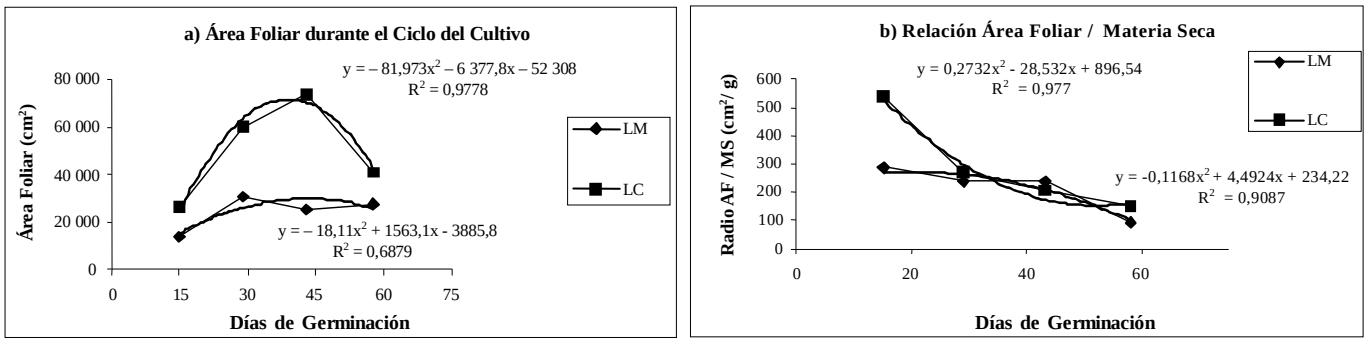


FIGURA 2. Desarrollo del área foliar y su relación con la producción de materia seca en hojas durante el ciclo de cultivo en frijol establecido en condiciones de labranza mínima y labranza convencional.

Concentración de nutrimentos en los diferentes órganos de la planta durante el ciclo del cultivo

Durante el ciclo del cultivo, no se encontró diferencias significativas en la concentración de N, P, y K entre hojas de LC y LM, y en la concentración de estos nutrimentos entre tallos de LC y LM. Debido a ello, en la Figura 3 se presenta la concentración de N, P, y K en hoja y tallo promediada a través de tipo de labranza, durante el ciclo del cultivo.

La concentración de N en hoja fue significativamente más elevada que en el tallo a los 15, 60 y 75 DDG. La concentración de N tiende a decrecer desde los 15 DDG (3,45 y 2,19% en hoja y tallo, respectivamente) hasta los 45 DDG donde se obtienen las concentraciones más bajas durante el ciclo del cultivo (1,57 y 1,04% en hojas y tallos, respectivamente); y luego se incrementa de manera sostenida hasta los 75 DDG donde se obtienen los valores más elevados durante el ciclo del cultivo (11,5 y 4,93% en hojas y tallos, respectivamente).

El análisis de la variación promedio de la concentración de N (entre tipo de labranza y órganos) durante el ciclo del cultivo, muestra claramente que la concentración de N a los 75 DDG (8,21%) fue significativamente superior que la concentración de N en los muestreos a los 15 (2,83%), 29 (3,63%), 43 (1,30%), y 2,72% 60 DDG.

Así mismo, entre los 15 y 58 DDG la concentración de N fue similar, salvo entre 29 y 43 DDG donde en la primera la concentración de N (3,63%) fue significativamente mayor que en la segunda (1,30%).

En relación a la concentración de P, no se detectó diferencias significativas de este nutrimento en hojas y tallos cuando se comparó entre LC y LM, o cuando se comparó la misma de P en hoja y tallos promediada entre los 2 tipos de labranza, salvo a los 45 DDG en donde en hojas fue estadísticamente inferior (0,43%) que en tallos (0,47%; datos no mostrados). La concentración de P durante el ciclo del cultivo, promediado a través de tipo de labranza y órganos de la planta (hoja y tallo), denota una tendencia a decrecer desde los 15 y 30 DDG donde se encontró la concentración de P fue más elevado (0,78% y 0,72%, respectivamente) durante el ciclo del cultivo, hasta los 43 y 73 DDG donde se observó P más baja (0,45% y 0,46%, respectivamente).

La concentración de P a los 58 DDG presentó un incremento en relación al bajo valor observado a los 43 DDG, lo cual está asociado al incremento de MS, y posiblemente un incremento en el contenido de humedad en el suelo. Jacquinot (1967) indica que en los últimos 30 d del ciclo del cultivo se acumula cerca del 80% del P acumulado.

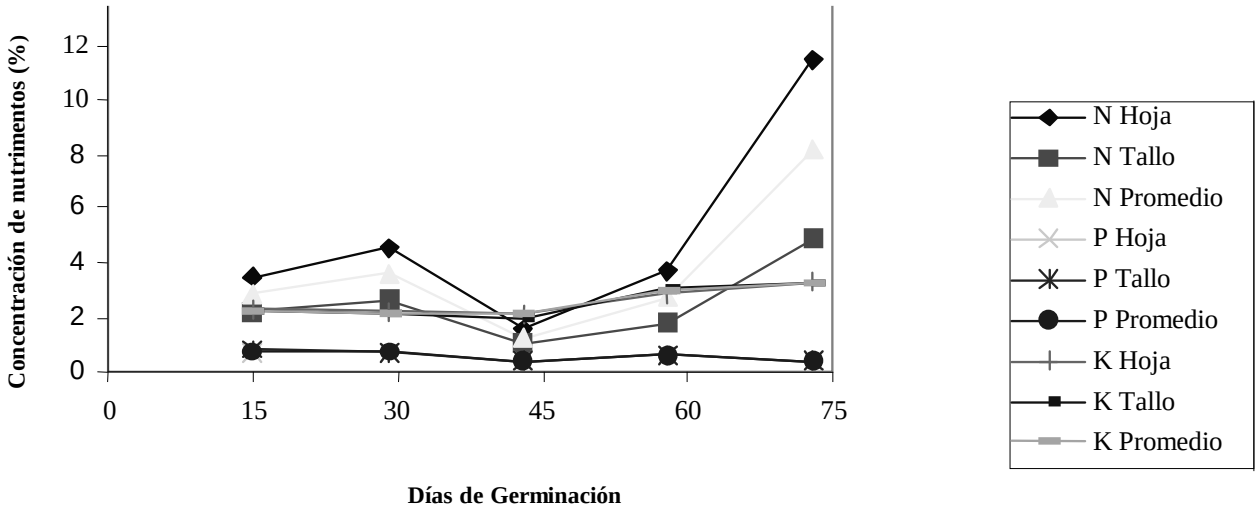


FIGURA 3. Concentración de nutrimentos en órganos de la planta durante el ciclo del cultivo del frijol.

La concentración de K, al igual que lo observado en N, y P, presentó una tendencia a decrecer desde los 15 DDG (2,19% y 2,57%) hasta los 43 DDG (2,01% y 2,04%) en LC y LM, respectivamente. Luego se observó un notable incremento entre los 43 y 58 DDG en LC donde la concentración de K fluctuó entre 2,01 y 3,78%, y un incremento menos dramático, pero, sostenido entre los 43 y 73 DDG en LM donde fluctuó entre 2,04 y 3,71%. Este último aspecto es diferente a lo observado en LC donde luego del notable incremento entre 43 y 58 DDG la concentración en general disminuyó ligeramente. La concentración de K en hoja y tallo fue ligeramente más elevada en LM que en LC a los 15 y 29 DDG, se hacen similares a los 43 DDG, y se hacen más elevadas en LC a los 58 DDG.

Acumulación absoluta de nutrimentos y distribución entre órganos de la planta en LM y LC

En la Figura 4 se presenta la acumulación de N, P, y K durante el ciclo del cultivo en los diferentes órganos de la planta, y el total acumulado, en LC y LM. En general, la acumulación de N, P, y K es baja en los primeros 43 DDG, y es en el período entre 43 y 58 DDG, donde la absorción es elevada. A los 43 d entre 8,7 y 6,8% del N, entre 21,1 y 21,5% del P, y entre 18,7 y 25,7% del K total habían sido absorbidos en LC y LM, en ambas.

El patrón de acumulación de N, P, y K total durante el ciclo del cultivo es similar en LC y LM, sin embargo, en LC se observó, en todos los muestreos realizados durante el ciclo del cultivo, una mayor acumulación de N, P y K, lo que fue estadísticamente superior a los 15 y 58 DDG en N, a los 58 DDG en P, y 43 y 58 DDG en K (Figura 4). Del análisis de la acumulación de N, P, y K total durante el ciclo del cultivo se evidencia que l máximo de acumulación de estos se observó a los 58 DDG con valores 1 979, 372 y 1 841 mg de N, P, y K, respectivamente. Estos valores fueron significativamente superiores a los acumulados hasta los 43 DDG y a algunos de los observados a los 73 DDG, con la excepción de N a los 73 DDG en LC que fue similar a lo observado a los 58 DDG y al N y K a los 73 DDG que fue en el primer caso significativamente mayor (1 471 mg N) al N acumulado a los 58 DDG, y K (470 mg K) que fue estadísticamente similar al observado a los 58 DDG en LM.

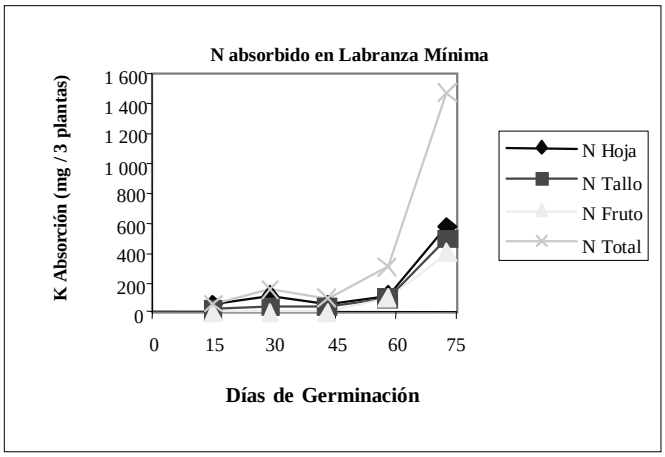
Las tasas de acumulación de N, P, y K total absorbidos, que se estiman de la división de la cantidad de nutrimento absorbida entre 2 períodos determinados entre el tiempo transcurrido entre esos períodos, tomados de la Figura 4, presentaron 2 etapas bien diferenciadas durante el ciclo del cultivo: en los primeros 43 DDG las tasas de acumulación fluctuaron para N entre 3,98 y 2,34 mg N / d, para P entre 1,82 y 0,69 mg P / d, y para K entre 8,02 y 3,23 mg K / d en LC y LM, respectivamente. Sin embargo, en la etapa entre 43 y 58 DDG las mismas fluctuaron para N entre 120,5 y 14,01 mg N / d, en P entre 19,6 y 6,1 mg P / d, y en K entre 99,7 y 26,8 mg K / d en LC y LM.

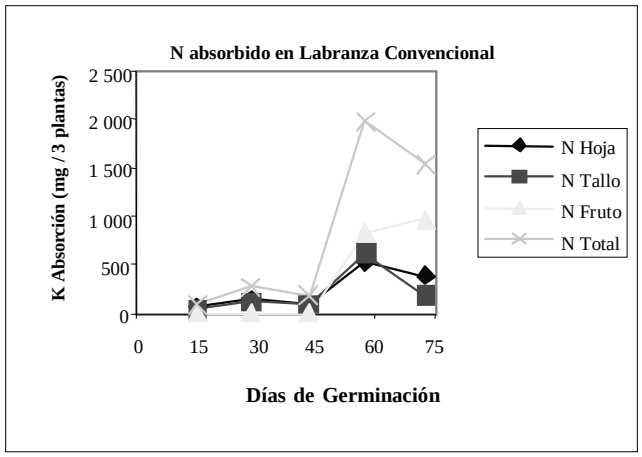
Lo antes indicado sugiere que en el período entre 43 y 58 DDG se acumuló gran parte de los nutrimentos requeridos por el cultivo, lo cual coincide con la elevada acumulación de MS en ese período, como se demostró anteriormente Jacquinot (1967) señala que 80% del P es absorbido en los últimos 30 d del ciclo del cultivo. La etapa luego de los 58 DDG, aunque presenta una tendencia general a declinar en los contenidos de N, P, y K posiblemente fue afectada por pérdida de MS directamente desde la planta al suelo, como se evidenció inicialmente (Figura 1).

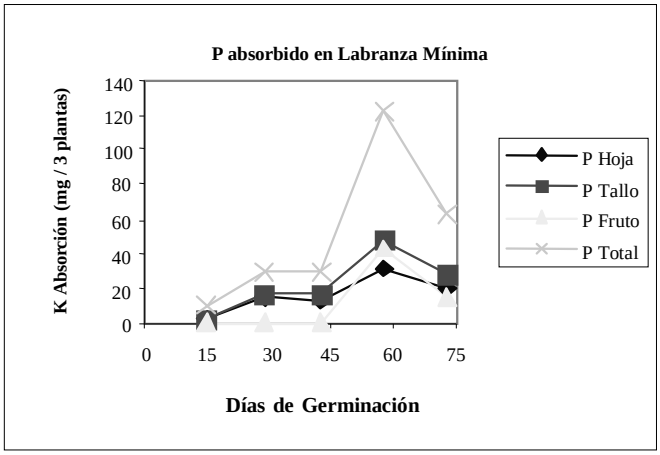
La mayor acumulación de MS y nutrimentos durante el ciclo del cultivo en LC que en LM, posiblemente tiene que ver o estar asociado a la variación en algunas propiedades físicas del suelo debido a la labranza, que podrían haber afectado el desarrollo del sistema radical, y con ello, el acceso y utilización del agua y nutrimentos en el perfil del suelo. En este en el Cuadro 1, se puede comprobar que en LC la Da del suelo fue inferior en los horizontes 0-5 y 5-10 cm.

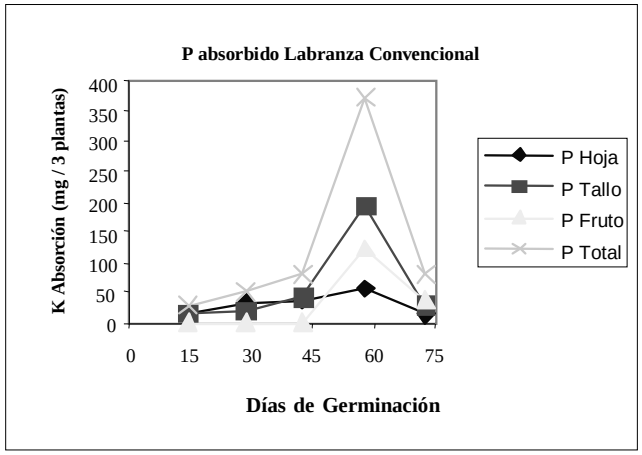
Por otra parte, del Cuadro 1 también se observa que los contenidos de P y K son más elevados, principalmente, en los primeros horizontes de LC, lo cual podría estar reflejando, que el efecto de la LC podría promover la mineralización de la materia orgánica del suelo, así como de los residuos orgánicos que se incorporan en el suelo, y ello afecta la disponibilidad y la mayor utilización de nutrimentos por el frijol en LC.

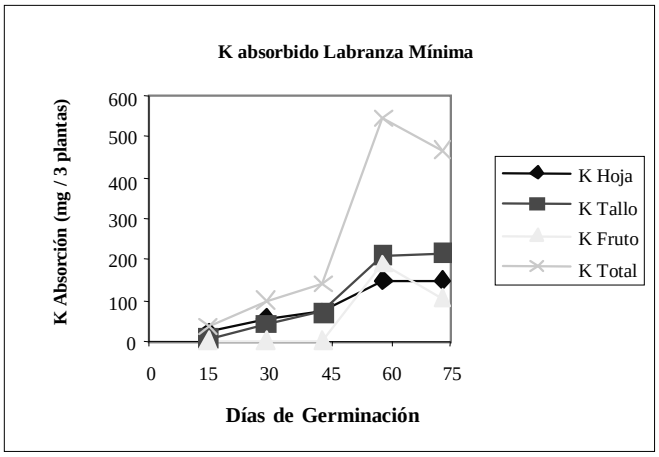
La distribución relativa del N, P, y K total absorbido en cada muestreo entre los diferentes órganos de la planta, calculado de la división de la cantidad de nutrimento en cada órgano entre la cantidad total de nutrimento absorbido en ese muestreo, indica que hasta los 43 DDG existe una mayor proporción en hoja que en tallo; en LC en hoja fluctúo entre 60,9 y 56% y en tallo entre 39,1 y 40, mientras que en LM fluctuó entre 82,7 y 59,6 en hoja, y en tallo entre 17,3 y 40,4.











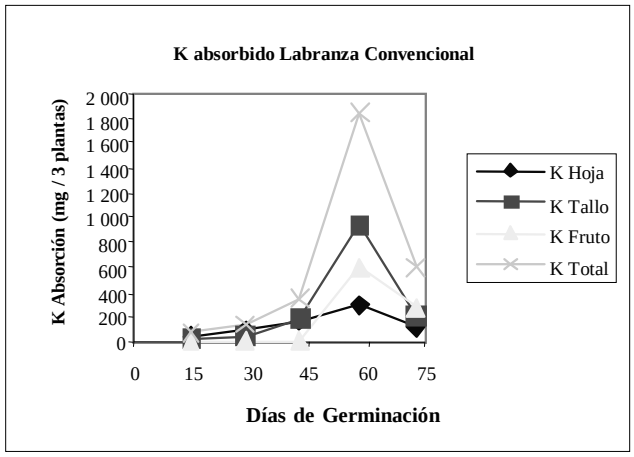


FIGURA 4. Absorción de N, P, y K durante el ciclo del cultivo en los diferentes órganos del frijol en condiciones de labranza mínima y labranza convencional.

Luego, a los 58 y 73 DDG en LC la proporción de N en hoja y tallo disminuyó; en hoja fluctuó entre 26 y 25% y en tallo entre 31,6 y 11,6%, siendo una mayor proporción orientada hacia el fruto (vaina y grano) donde fluctuó entre 42 y 64%, y en LM la proporción de N en hoja fluctuó entre 40 y 39%, en tallo entre 32 y 33%, y en fruto (vaina y grano) fluctuó entre 28 y 27%. Esta elevada distribución de N en hoja, y posteriormente en grano coincide con lo señalado por Jacquinot (1967), quien indica que, durante la etapa vegetativa, gran parte del N es localizado en hojas, y luego al final del ciclo este es derivado hacia frutos.

La distribución relativa de P y K en los diferentes muestreos sugiere que, en ambos sistemas de labranza, en los primeros 29 DDG, la mayor proporción de P y K esta ubicada en las hojas, y a partir de los 43 DDG la mayor proporción de estos elementos es ubicada en los tallos. También se observa, de manera similar a lo indicado para N, que la proporción de P y K en hojas y tallos decrece a partir de los 43 DDG hasta los 73 DDG.

A los 73 DDG la distribución de P en los diferentes órganos muestra que 36 y 17% del mismo se encuentra en tallos y hojas, y 46,3% en fruto (vaina y grano) en LC, y 45 y 31% en tallos y hojas y 24,1% en fruto (vaina y grano) en LM.

De la distribución de K absorbido en ese mismo período (73 DDG), se encontró 35,4 y 19,1% en tallos y hojas y 45,5% en fruto (vaina y grano) en LC, mientras que en LM 46 y 31,5% se hallaba en tallos y hojas, y 22,3% en fruto (vaina y grano).

Lo antes indicado sugiere que, además de que en LC se acumula mayor cantidad de N, P, y K durante el ciclo del cultivo, gran parte del mismo se acumula en el fruto, contrario a lo que ocurre en LM donde una menor proporción de los elementos se acumula en el fruto. Jaquinot (1967) indica que en los 30 últimos días del ciclo del cultivo se absorbe entre 60 y 90% del K total.

Relación entre acumulación de MS y absorción de nutrimentos

En la Figura 5 se presenta las relaciones entre MS y nutrimentos absorbidos durante el ciclo del cultivo en LC y LM. De los resultados obtenidos, se observa que la mejor relación ocurrió entre MS y la cantidad de P y K absorbido en ambos sistemas de labranza. En este caso, los modelos de regresión cuadráticos explican entre 99 y 94% de la variación de MS debida a P absorbido y entre 98 y 90% de la producción de MS debido a la cantidad de K absorbido en LC y LM, respectivamente. La relación entre MS producida y N absorbido fue de sólo 73 y 37% en LC y LM, respectivamente. El análisis conjunto de la MS producida en LC y LM y la cantidad de N, P, y K absorbida, de manera individual para cada elemento, sugieren que la MS producida es explicada en un 59, 97, y 96% por modelos cuadráticos del N, P, y K absorbido, respectivamente. Posiblemente, la baja relación entre MS y N absorbido refleja alguna falta en el suministro de N en el suelo, lo cual es contrario a lo indicado por Jacquinot (1967) para algunas de las variedades evaluadas en su trabajo.

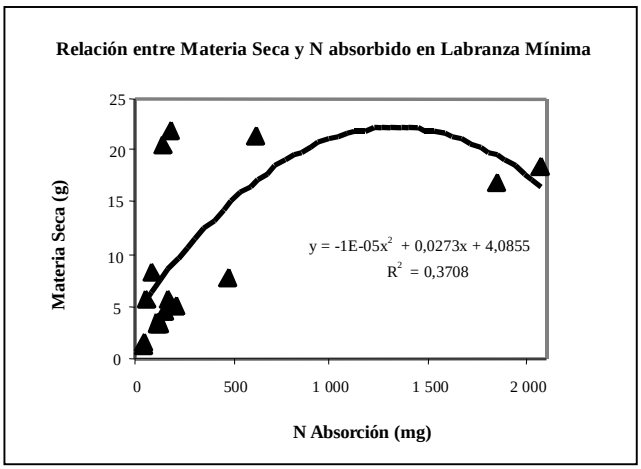
CONCLUSIONES

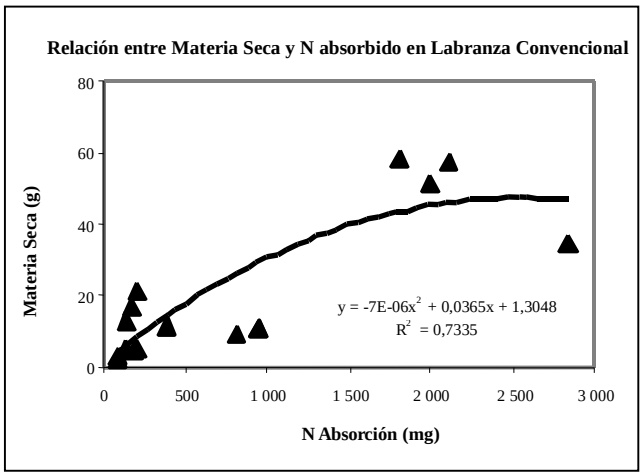
- Los patrones de acumulación de MS, N, P, y K en LC y LM son similares, aunque las cantidades absolutas y el ÁF fue más elevada en LC, aunque significativamente más elevada en algunos de los muestreos durante el ciclo del cultivo.

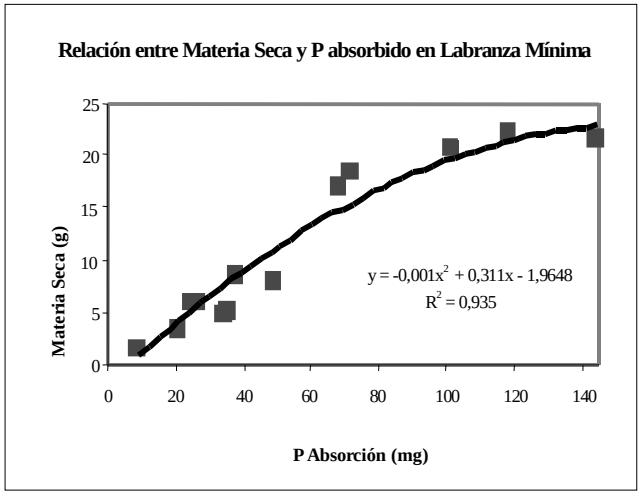
- Posiblemente, en LC el sistema radical del cultivo pudo explorar más volumen de suelo y obtener mayor cantidad de nutrimentos y agua durante el ciclo del cultivo, debido a que presentó menor Da en las primeras capas del suelo.

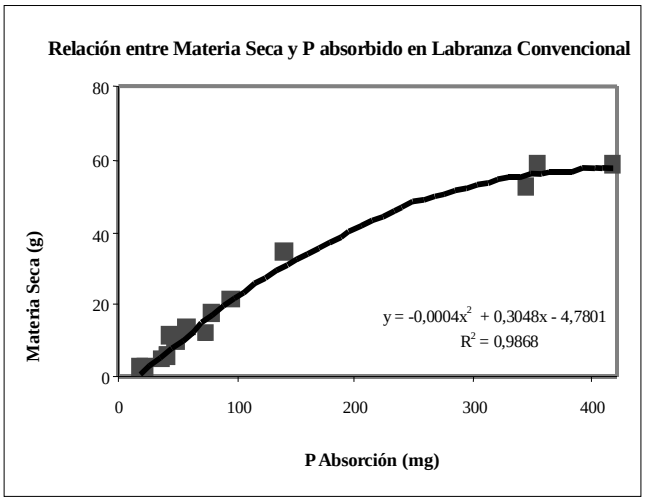
- En general se observó un decrecimiento en la concentración de N, P, y K en hojas y tallos, hasta los 43 DDG en LM y LC, seguido de un incremento más evidente en los mismos en N y K, y en menor proporción en P. Este incremento en la concentración luego de los 43 DDG coincide con la etapa de floración, y formación de MS de fruto, período en la cual se forma la mayor proporción de MS total del frijol.

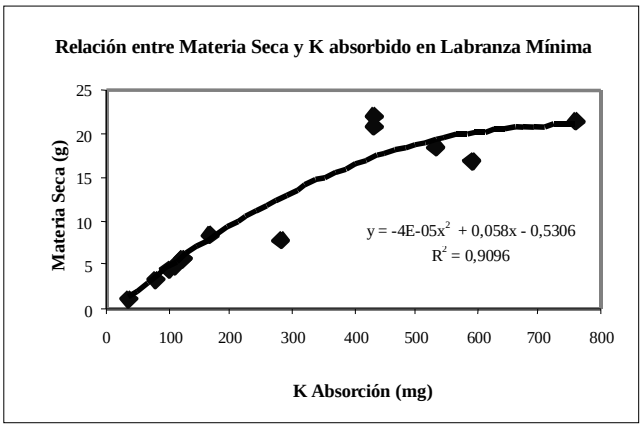
- La elevada y significativa relación entre la producción de MS y P absorbido, aunque este es el elemento que se absorbe en menor proporción, sugiere que la disponibilidad de este podría afectar la producción de este cultivo, y la respuesta del mismo a los otros nutrimentos.











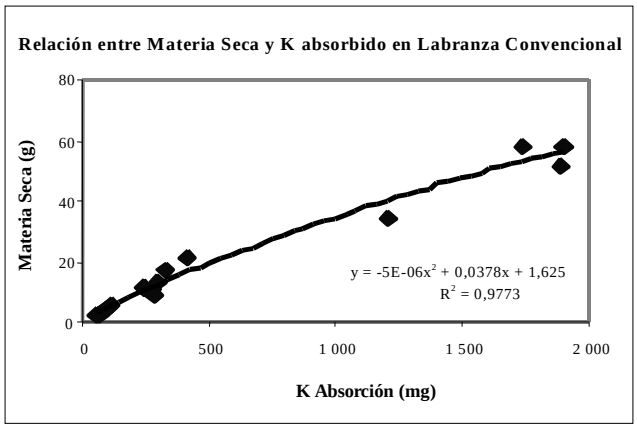


FIGURA 5. Relación entre materia seca producida y N, P, y K absorbido en frijol cultivado en labranza mínima y labranza conservacionista.

BIBLIOGRAFÍA

Adekalu, K. O. and D. A. Okunade. 2006. Effect of irrigation amount and tillage system on yield and water ues efficiency of cowpea. Communcations in soil science and plant analysis. 37:225-237.

Awodun, M. A. 2007. Effect of reduced tillage on soil properties and cowpea yield in rainforest zone of South West Nigeria. Asian Journal of Agricultural Research 1(1):23-26.

Craufurd, P. Q. 1996. Effect of plant population density on dry matter partitioning and yield in a short-duration cultivar of cowpea (*Vigna unguiculata*) grown in the tropics. Journal of Agricultural Science (Camridge) 127:89-96.

Fageria, N. K. 1991. Response of cowpea to phosphorus on an Oxisol with special reference to dry matter production and mineral ion contents. Trop. Agric (Trinidad) 68:384-388.

Flores C., M., P. M. Madriz, R. Warnock de Parra y A. Trujillo de Leal. 2005. Evaluación de altura de plantas y componentes del rendimiento de seis genotipos del genero *Vigna* en dos localidades de Venezuela. Rev. Fac. Agron. 22:354-368

Gutiérrez, W., C. Medrano, M. Materan, Y. Villalobos, D. Esparza, J. Baez y B. Medina. 2001. Evaluación del rendimiento y nodulación del fríjol *Vigna unguiculata* (L.) Walp bajo dos sistemas de labranza en las condiciones agroecológicas de la planicie de Maracaibo, Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 18:237-246.

Gumbs F., A., J. I. Lindsay and S. Osei-Yeboah. 1982. The variation of NPK of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) leaves with tillage, plant maturity and flooding on clay soil. Plant and soil 66:51-56.

Imsande, J. and D. G. Edwards. 1988. Decreased rates of nitrate uptake during pod fill by Cowpea, Green Gram, and Soybean. Agron. J. 80:789-793.

Jacquinot, L. 1967. Croissances et alimentations minerales comparees de quatre varietes de niebe. L Agronomie Tropicale Nº 6-7:575-640.

Littleton E., J., M. D. Dennet, J. Elston and J. L. Monteith. 1979. The growth and development of cowpea (*Vigna unguiculata*) Ander tropical field conditions I. Leaf area. Journal of Agriculture Science 93:291-307.

Márquez, R., T. Córdova, L. Castejon y A. Higuera. 2003. Efecto de la aplicación de cobertura vegetal de *Cenchrus ciliaris* L. y fertilización fosfórica sobre el porcentaje de control de malezas, rendimiento y concentración de fósforo en semillas de fríjol *Vigna unguiculata* (L) Walp. Rev. Fac. Agron. 20(4):

Agronomía Trop. 59(4): 413-422. 2009

EVALUACIÓN DE LA INDUCCIÓN DE VARIABILIDAD GENÉTICA EN CAMBUR 'MANZANO' (*Musa* AAB) A TRAVÉS DE MARCADORES RAPD[1]

EVALUATION OF THE INDUCTION OF GENETIC VARIABILITY IN CAMBUR 'MANZANO' (*Musa* AAB) THROUGH MARKERS RAPD[1]

Auris Silva*, Iselen Trujillo*, María Vidal*y Verónica Pérez*

[1] Trabajo financiado por FONACIT y a la Universidad Nacional Experimental "Simón Rodríguez"
* Profesoras. Universidad Nacional Experimental "Simón Rodríguez". Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos (IDECYT). Centro de Estudios de Agroecología Tropical (CEDAT). E-mail: iselen03@yahoo.com

RESUMEN

En Venezuela, el cambur 'Manzano' (*Musa* AAB, banano tipo manzano) posee amplia aceptación por parte de los consumidores, pero su comercialización se ha visto limitada por el alto índice de plagas y enfermedades que lo atacan. En este sentido, el uso de las técnicas para el mejoramiento de la especie han tenido gran auge, por lo que en esta investigación se realizó la inducción de variación somaclonal mediante el uso de elevadas concentraciones de citocininas a través de multiplicaciones sucesivas, durante las cuales se aumentó de manera paulatina dichas concentraciones (5-10-15 mg l^{-1} de BA, respectivamente). Para el análisis de las plantas obtenidas de esta experiencia, se utilizó la técnica de los RAPD (ADN polimórfico amplificado al azar), la cual permitía establecer un patrón de comparación entre las plantas que se sometieron al proceso de inducción de variación somaclonal. Los resultados indican que en las 31 plantas analizadas durante la investigación con 12 iniciadores (primer) diferentes, se reflejaba un bajo porcentaje de variación al utilizar el índice de Jaccard´s como método de evaluación. Se piensa que la poca variabilidad encontrada en las plantas de Cambur Manzano (AAB) sometidas a elevadas concentraciones de citocininas, se debe a la presencia del genoma balbisiana en esta variedad, aspecto que ha sido señalado por diversos autores para otras variedades.

Palabras Clave: Variabilidad; cambur 'Manzano' (*Musa* AAB, banano tipo manzano); RAPD.

SUMMARY

In Venezuela, the cambur 'Manzano' (*Musa* AAB) it owns ample acceptance on the part of the consumers, but its commercialization has been limited by the high index of plagues and diseases attack that it. In this sense, the use of the techniques for the improvement of the species has had great height, reason why in this investigation the induction of somaclonal variation by means of the use of high concentrations of cytokinins through successive multiplications was used, during which increase of gradual way these concentrations (5-10-15 mg l^{-1}, respectively). For the analysis of the obtained plants of this experience, the technique of the RAPD was used (at random amplified polymorphic DNA), which allowed us to establish a landlord of comparison between the plants that were put under the process of induction of somaclonal variation. The results indicate that in the 31 plants analyzed during the investigation with 12 initiators different, a low percentage of variation when using was reflected the index of Jaccard´s like evaluation method. The little found variability thinks that about the plants of cambur Manzano *Musa* (AAB) put under high concentrations of cytokinins, must to the presence of the balbisiana genome in this variety, aspect that has been reported by diverse authors for other varieties.

Key Words: Variability; cambur 'Manzano' (*Musa* AAB, banano tipo manzano); RAPD.

RECIBIDO: mayo 07, 2009

ACEPTADO: julio 20, 2009

INTRODUCCIÓN

El banano constituye uno de los cultivos más importantes en las regiones tropicales del mundo, tanto por su valor nutritivo como fruto como también su popularidad o rentabilidad, al punto que en algunos países han basado su economía en este cultivo (Escalant *et al*., 1989; Surga, 1988).

Así mismo, el banano constituye la principal fuente de carbohidratos para millones de personas en una amplia distribución mundial (Rowe, 1981, citado por Gawel *et al*., 1992).

Entre las distintas variedades que se conocen de banano en Venezuela, una de las que presenta alta demanda es el cambur 'Manzano' (AAB), debido a su sabor ya que adicionalmente representa una fuente de ingreso para los productores locales, gracias a su gran atractivo para la comercialización. Sin embargo, esta variedad es altamente susceptible a diversas enfermedades, tales como: el Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. cubense), Hereque o Moko (*Pseudomonas solanacearum*), Sigatoka Amarilla (*Mycosphaerella musicola*) y Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*), las cuales traen como consecuencia un bajo rendimiento de este cultivo y restando competitividad en el mercado interno, al compararlo por ejemplo con el cambur Pineo que presenta un alto índice de consumo, y por ende un alto nivel de comercialización (Haddad y Borges, 1974; Haddad y Leal, 1996).

Por esta razón, el uso de las técnicas biotecnológicas para el mejoramiento de la especie han tenido gran auge, donde destacan: selección y micropropagación de variantes naturales de cultivares seleccionados, inducción de variación somaclonal, inducción de mutaciones por agentes químicos y físicos, presión de selección por agentes bióticos y abióticos y transgénesis (Escalant *et al*., 1989; Trujillo, 1994; Trujillo y De García, 1996; Duncan, 1997).

El cultivo *in vitro* puede ser muy estresante para las células vegetales, y puede involucrar procesos mutagénicos durante el establecimiento de diversos procesos, tales como la inducción de callo organogénico y embriogénico, la formación de embriones y la regeneración de plantas. Por esta vía es posible obtener variación, de origen nuclear y/o citoplasmática, que podría ser utilizada para el mejoramiento vegetal. Este proceso, denominado variación somaclonal (Larkin y Scowcroft, 1981), involucra cambios en las plantas regeneradas que son transmitidos a la progenie.

La variación somaclonal ha sido utilizada para la producción de variedades comerciales con caracteres agronómicos superiores en diferentes especies. En *Musa*, su empleo se encuentra extensamente documentado. En el caso de cultivares comerciales de banana Cavendish se ha obtenido resistencia a la *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense. (Cárdenas *et al*., 2002).

La eficacia del mejoramiento aumenta a través de la identificación de genes útiles, usando marcadores moleculares, mientras que la ingeniería genética permite la introducción de estos genes directamente en los cultivares deseados (Williams *et al*., 1990; Tingey *et al*., 1994; Vidal, 1996). El uso de técnicas de biología molecular, permite la detección de una variación genética en aquellos organismos obtenidos mediante procesos de cultivo *in vitro*. Métodos como los RFLP y los marcadores RAPD, junto con otras técnicas derivadas o análogas, generan marcadores útiles en el estudio de muchas especies, en este caso, especies vegetales (Fauré, 1992; Cloutier y Landry, 1994; Giménez *et al*., 2001; Salazar *et al*., 2006; Tui *et al*., 2006).

Los marcadores moleculares han sido usados con varios fines en especies de frutales tropicales, donde los usos más frecuentes corresponden a la estimación de diversidad genética intra e inter poblacional, sea en especies cultivadas o silvestres, para el desarrollo de mapas de ligamiento, para estudio de las relaciones filogenéticos entre especies, también como herramienta para determinar la mejor estrategia de conservación de recursos genéticos, entre otros (Azofeifa-Delgado, 2006).

En sus trabajos, Sánchez (2002) menciona que los marcadores moleculares son la principal herramienta utilizada hoy en día en microorganismos, plantas y animales para: caracterización de germoplasma, identificación de genotipos, determinación de pureza, análisis de diversidad genética, mejoramiento genético asistido por marcadores, aislamiento y caracterización de genes específicos para usar en transformación genética, construcción de mapas de ligamiento, entre otros.

Diversos autores han empleado los RAPD para estudios de diversidad genética, Crouch *et al*. (2000) emplearon este tipo de marcadores para el análisis de diversidad genética en variedades de *Musa* sp., y para comparar esta con la clasificación tradicional. Pillay *et al*. (2000) emplearon RAPD para identificar marcadores ligados a los genomas A y B en *Musa* spp., permitiendo aclarar la composición genética de todos los genotipos, facilitando la caracterización y manipulación de líneas en programas de mejoramiento. Kahangi *et al*. (2002) realizaron estudios de estabilidad genética en plantas

regeneradas *in vitro* en *Musa* spp., donde 10 de los iniciadores utilizados generaron 69 secuencias marcadoras que permitieron la identificación de los materiales estudiados.

Los avances en la biología molecular han permitido el desarrollo de métodos de identificación y caracterización basados en el uso de marcadores moleculares que superan, en la gran mayoría de los casos, las limitaciones de los métodos tradicionales. Las técnicas de ADN recombinante hacen posible programas de mejoramiento genético eficientes y eficaces en plantas y animales, a través del llamado mejoramiento genético asistido por marcadores moleculares. Esta herramienta permite seleccionar plantas o animales que posean segmentos específicos de ADN asociados a genes de interés agronómico. De este modo, es factible la selección precoz de individuos superiores en aquellos casos en que el carácter de interés es de difícil identificación, se manifiesta muy tarde en la vida de las plantas o posee un elevado costo analítico.

Por otra parte, estas técnicas permiten la identificación inequívoca de variedades, de un modo similar al análisis del ADN que se realiza con fines forenses en el hombre. Por lo tanto, permiten no sólo identificar variedades o genotipos, sino también determinar el grado de parentesco entre especies y variedades, información de gran importancia para el mejoramiento genético y para los estudios de diversidad genética.

Este trabajo de investigación científica se orienta a la utilización de técnicas biotecnológicas que induzcan la variabilidad genética en cambur 'Manzano' (AAB), mediante el uso de concentraciones relativamente elevadas de citocininas, como una estrategia para el mejoramiento genético de esta variedad y su evaluación a través de marcadores moleculares tipo RAPD.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

El material vegetal fue colectado en el Banco de Germoplasma del CENIAP-INIA, estado Aragua. Hijuelos seleccionados de cambur 'Manzano' (*Musa* AAB) se separaron de las plantas cultivadas en campo y dicho material fue usado para iniciar la propagación *in vitro* de la variedad seleccionada.

Propagación *in vitro* de brotes de *Musa*

El material vegetal se sometió a un proceso de desinfección inicial, y posteriormente bajo condiciones asépticas en una cámara de flujo laminar, se realizó la iniciación de los explantes, previo tratamiento antioxidante (cisteina en una concentración de 60 mg l^{-1}). Los explantes fueron cultivados en un medio básico con sales de Murashige y Skoog (1962) como medio de iniciación al 100% de su concentración, los cuales son suplementados con vitaminas de Morell (tiamina, 1,0 mg l^{-1}; ácido pantoténico, 1,0 mg l^{-1}; biotina, 0,01 mg l^{-1}; mioinositol, 100 mg l^{-1}), además de utilizar sacarosa (30 g l^{-1}) como fuente de carbohidratos y agar (9 g l^{-1}) como agente gelificante.

El pH del medio se ajustó a 5,8 con una solución de NaOH (1M), para luego ser servidos en tubos pirex de 15 cm de largo. Posteriormente, esos tubos fueron esterilizados en autoclave a una presión de 1,2 kg cm^{-2} y 120 ºC por un tiempo de 15 minutos. Luego de la siembra, los explantes permanecieron en oscuridad por 48 h, con el fin de disminuir la oxidación e inmediatamente pasaron a las cámaras de crecimiento. Después de este período, los explantes fueron cultivados en un cuarto de crecimiento a 30 ºC y una intensidad lumínica continúa de 70 UE/m^2s de radiación fotosintética activa (RFA).

Para la iniciación del proceso de propagación *in vitro* e empleó una concentración de 0,5 mg l^{-1} de BA para inducir el proceso. La multiplicación de los explantes, se llevo a cabo utilizando el medio seleccionado en la etapa de iniciación, pero incrementando la concentración de BA en los sucesivos períodos de multiplicación de 5 mg l^{-1}, 10 mg l^{-1} y 15 mg l^{-1}, con un período de incubación de 30 d para cada subcultivo.

Para la etapa de enraizamiento se utilizó el mismo medio de multiplicación, pero modificando la concentración de sacarosa (40 g l^{-1}) y de BA (0,5 mg l^{-1}). Para la aclimatación de las plantas, estas fueron colocadas en propagadores, donde fueron regadas con agua corriente cada 3 d, y una vez por semana con solución de Hoagland. En un lapso de 30 d, las plantas fueron transferidas a bolsas plásticas con tierra negra abonada y se trasladaron a vivero.

Análisis molecular de la planta madre y las plantas obtenidas *in vitro*

Para esta experiencia se utilizaron 31 plantas cambur 'Manzano' (planta madre y 30 plantas obtenidas *in vitro*). La extracción de ADN de las hojas de la planta madre y hojas de vitroplantas de los clones de banano se realizó según el método de Doyle y Doyle (1990). Para la realización del análisis molecular se usaron 10 iniciadores

de la serie OPA y OPB (Operon Technologies), además, de una combinación entre varios iniciadores de la serie OPB. Para la amplificación de ADN de banano se utilizó el protocolo propuesto por Fauré *et al*. (1993).

La reacción de amplificación consistió de volúmenes de 25 µl que contenían: 2,5 µl 10X Buffer (500mM KCl; 100 mM tris-HCl pH 9,0; 1% tritón X-100); 0,3mM MgCl2; 200 µM dNTP's; 0,3 µM del iniciador, 2 unidades de Taq ADN polimerasa (Promega) y 200ng de ADN.

La amplificación de ADN se realizó en un termociclador marca PTC-100 Peltier Thermal Cycler MJ Research.

Las condiciones de incubación usadas fueron propuestas por Fauré *et al*. (1993), el programa de PCR consistió en una desnaturalización inicial con una duración de 1 min a 94 ºC, luego 40 ciclos de 1 min a 94 ºC, 1 min a 36 ºC y 2 min a 72 ºC, después un ciclo de 10 min a 72 ªC.

Los productos de la reacción de amplificación fueron separados mediante la electroforesis en gel de agarosa al 1,4% en buffer 1X TAE. La corrida electroforética se llevó a cabo inicialmente a 80 voltios, hasta que las muestras entraron en el gel, y luego a 120 voltios hasta que el cargador de muestra (0,25% azul de bromofenol + 30% glicerol) migrara aproximadamente 3 cm antes del final de la bandeja del gel, usando en la cámara el buffer 1X TAE. La tinción se realizó con bromuro de etidio para visualizar las bandas RAPD bajo luz ultravioleta y fotografiarlas.

Análisis de los datos

Para el análisis de los datos, se usó como patrón de peso molecular 1 kb DNA Ladder (Promega). Los polimorfismos detectados para cada iniciador se analizaron basado en las bandas obtenidas de la amplificación y se evaluaron como "0" cuando la banda estaba ausente en una posición particular y "1" cuando la banda estaba presente. Los datos obtenidos se analizaron mediante el programa MSVP versión 3,1b., utilizando el índice de Jaccard's para obtener un cluster análisis y se construyó un dendrograma usando el método de los promedios no ponderados (UPGMA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de micropropagación de la variedad de cambur 'Manzano', se realizó de acuerdo a la metodología empleada por Trujillo en 1994, con el fin de obtener un gran número de plantas en corto tiempo, para realizar la evaluación genética correspondiente, ya que este es el objetivo principal de la investigación.

Los resultados obtenidos de la multiplicación *in vitro* en la variedad cambur 'Manzano' se señalan en el Cuadro 1, donde se observa claramente que el número de brotes se incremento significativamente al aumentar la concentración de citocininas (BA).

CUADRO 1. Promedio de brotes obtenidos con la variedad cambur 'Manzano' al emplear diferentes concentraciones de citocininas.

Tratamiento (Concentración de BA empleada en mg l^{-1})	Nº promedio de brotes
5	0,80
10	2,13
15	10,93

El incremento substancial del número de brotes en cada uno de los tratamientos utilizados para el proceso de multiplicación tiene relación con las concentraciones de citocininas usadas en los medios de cultivo, tal y como lo demuestran autores como Orellana *et al*. (1991) y Pérez Ponce (1992), que relacionaron el éxito de esta etapa con los reguladores de crecimiento, ya que observaron que el uso de elevadas concentraciones de esta hormona estimula la formación de yemas adventicias, que son las responsables de la producción de nuevos explantes. El proceso de aclimatación de las plantas obtenidas *in vitro* resultó altamente exitoso, con un 100% de supervivencia.

Diversos autores como Tingey *et al*. (1994) y Munthali *et al*. (1996), señalan que los explantes sometidos a elevadas concentraciones de citocininas pueden llegar a sufrir variación genética, la cual se detecta mediante el uso de marcadores RAPD's, que junto con la técnica de electroforesis en geles de agarosa y su posterior visualización mediante la tinción con bromuro de etidio y luz ultravioleta, generan una buena resolución de los fragmentos amplificados.

Para el análisis molecular, se utilizaron 31 plantas cambur 'Manzano' (planta madre y 30 obtenidas mediante el proceso de cultivo *in vitro*) y 10 iniciadores de la serie OPA y OPB (Cuadro 2), además de una combinación entre varios iniciadores de la serie OPB, de la casa Operon Technologies. Entre los iniciadores utilizados para la amplificación de ADN, sólo con 4 de ellos se pudieron obtener bandas marcadoras de polimorfismos contables, mientras que con el resto sólo se observa patrones de bandeo monomórficos (Cuadro 3).

CUADRO 2. Iniciadores utilizados en la reacción de amplificación de las plantas de cambur 'Manzano' (*Musa* spp.).

Iniciador	Secuencia
OPA 02	5'-TGCCGAGCTG-3'
OPA 04	5'-AATCGGGCTG-3'
OPA 14	5'-TCTGTGCTGG-3'
OPB 07	5'-GGTGACGCAG-3'
OPB 08	5'-GTCCACACGG-3
OPB 10	5'-GTAGACCCGT-3'
OPB 11	5´-GTAGACCCGT-3'
OPB 12	5'-CCTTGACGCA-3'
OPB 15	5'-GGAGGGTGTT-3'
OPB 20	5'-GGACCCTTAC-3'
OPB 01	5'-GTTTCGC……
OPB 03	5'-CATCCCCCTG-3'

La cantidad de bandas producidas por cada iniciador en los diferentes somaclones presentó variaciones. Se analizaron un total de 80 bandas, utilizando el coeficiente de Jaccard's, por medio del cual se obtuvo un dendograma que mostró 2 grupos principales, el primero de ellos reunió a 9 somaclones junto a la planta madre y en el segundo grupo se incluyeron a los 21 somaclones restantes (Figura 1).

La Figura 2 muestra a manera de ejemplo la amplificación obtenida con el iniciador OPA04, donde el patrón de bandeo es totalmente monomórfico. Mientras que la amplificación obtenida con el iniciador OPB07, el cual amplificó un número máximo de 11 bandas. De los 31 somaclones usados, 25 amplificaron un total de 11 bandas; de los 6 somaclones restantes, 3 mostraron 10 bandas mientras que los 3 somaclones restantes presentaron 9 bandas, lo que permitió agrupar a las plantas en 3 grupos polimórficos entre sí. Los somaclones 2, 7 y 10 presentan 10 bandas, difiriendo en el resto de los somaclones en la banda número 3, cuyo peso molecular es aproximadamente de 1807 pb; mientras que en los somaclones 9, 13 y 18 estuvieron ausentes las bandas 2 y 3 cuyos pesos oscilan entre 1807-1655 pb, respectivamente.

CUADRO 3. Porcentaje de bandas polimórficas obtenidos para cada iniciador.

Iniciadores	Banda Monomórfica (%)	Banda Polimórfica (%)	Total
OPA 02	100	0	12
OPA 04	100	0	11
OPA 14	100	0	5
OPB 07	82	18	11
OPB 08	100	0	5
OPB 10	100	0	4
OPB 11	100	0	7
OPB 12	100	0	4
OPB 15	100	0	6
OPB 20	50	50	8
OPB 01/OPB 03	88	2	8
OPB 03/OPB 20	57	43	7
TOTAL	88,51	11,49	88

El iniciador OPB-20, presentó un total de 8 bandas, de las cuales 4 resultaron polimórficas con alguno de los somaclones. Con este iniciador se pudo agrupar a los 31 somaclones en 9 grupos polimórficos entre sí.

El primer grupo formado por somaclón número 6 presentó un patrón de bandeo de 7 bandas monomórficas, resultando polimórficas en la banda 6, cuyo peso molecular es de 702 pb.

Los somaclones 2, 3, 7, 8, 9 ,13, 19, 20, 22 ,26 y 27 formaban el grupo número 2 en donde se obtuvieron 7 bandas monomórficas y la banda número 7 resultó polimórfica, con un peso molecular de 617 pb. El grupo número 3 constituido por el somaclon 4 que presentó 6 bandas monomórficas y 2 bandas polimórficas, la 5 y 7 la primera con un peso de 748 y la segunda de 617 pb.

Los somaclones 11, 12, 14, 21,24 y 30 fueron colocados en el 4 grupo que mostró un patrón de 6 bandas

monomórficas y 2 polimórficas, la 7 y 8 con pesos de 617 y 535 pb, respectivamente. El siguiente grupo representado por los somaclones 1 y 23 poseen 6 bandas monomórficas, resultando polimórficas las bandas 6 y 7 con pesos de 702 y 617 pb.

El grupo 6 formado por el somaclon número 25, presenta 5 bandas monomórficas y 3 polimórficas, la 5,6 y 7, de igual forma los grupos 7 y 8 mostraron un patrón de bandeo con 5 bandas monomórficas y 3 polimórficas, para el somaclon 18 resultaron polimórficas las bandas 5, 7 y 8, mientras que para los somaclones 10,16, 17, 28 y 29 dichas bandas estaban conformadas por la 6,7 y 8.

Por último, la planta madre y los somaclones 5 y 15 mostraron un total de 4 bandas monomórficas y 4 polimórficas, siendo estas las 5, 6, 7 y 8.

Los resultados indican que en las 31 plantas analizadas durante la investigación con 12 iniciadores (primer) diferentes, se reflejaba un bajo porcentaje de variación al utilizar el índice de Jaccard´s como método de evaluación.

Se piensa que la poca variabilidad encontrada en las plantas de cambur 'Manzano' (AAB) sometidas a elevadas concentraciones de citocininas, podría ser debido a la presencia del genoma balbisiana en esta variedad, aspecto que ha sido señalado por diversos autores para otras variedades (Smith, 1988; Vuylsteke *et al*., 1991; Trujillo, 1994; Pérez Ponce, 1998; Vendrame *et al.*, 1999; Tui Ray *et al*., 2006).

Trabajos realizados por diversos autores indican que los RAPD son marcadores moleculares que han permitido el estudio de la estabilidad genética de plantas propagadas *in vitro*. Martín *et al*. (2006) obtuvieron variantes somaclonales al trabajar con concentraciones elevadas de citocininas al multiplicar *in vitro* la variedad de *Musa* Grande Naine (AAA), donde la plantas regeneradas *in vitro* fueron evaluadas a nivel genético empleando RAPD.

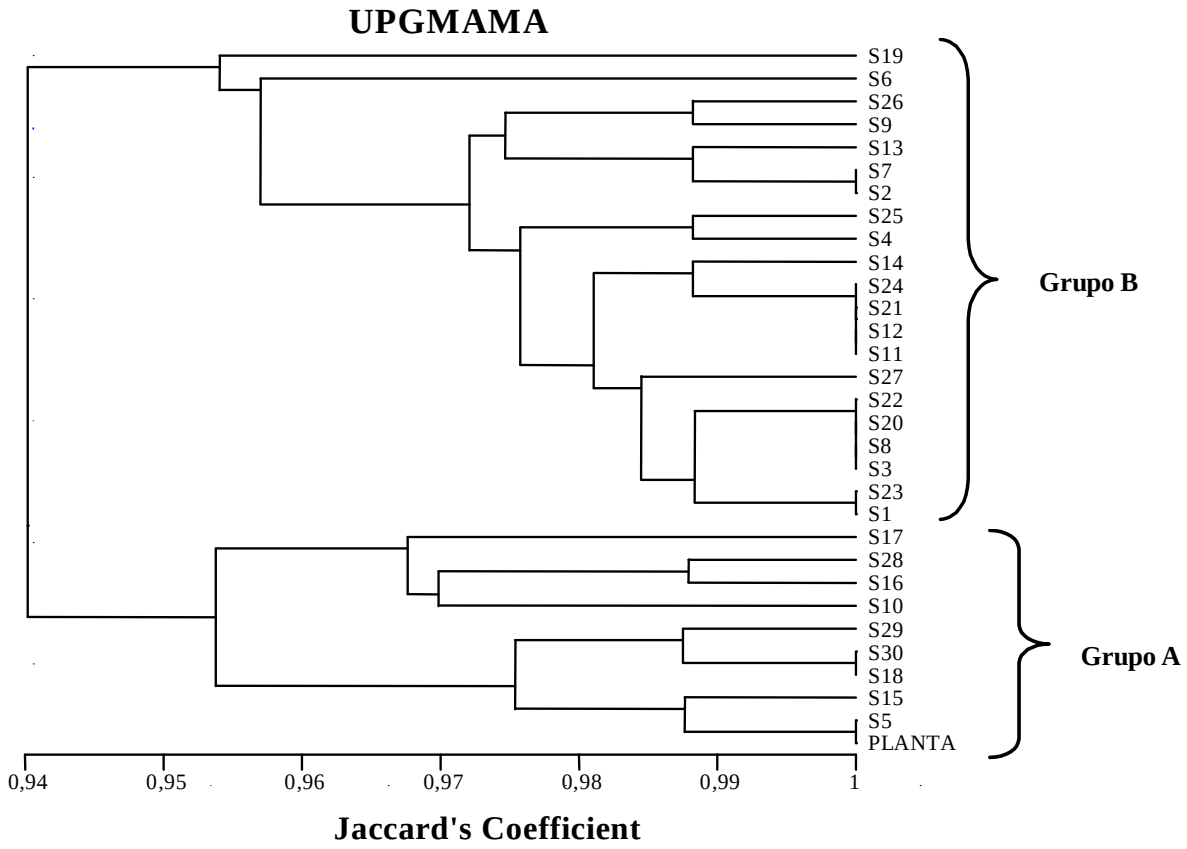


FIGURA 1. Análisis de agrupamiento basado en 87 marcadores RAPD obtenidos a partir de 30 somaclones de cambur 'Manzano' y la planta madre.

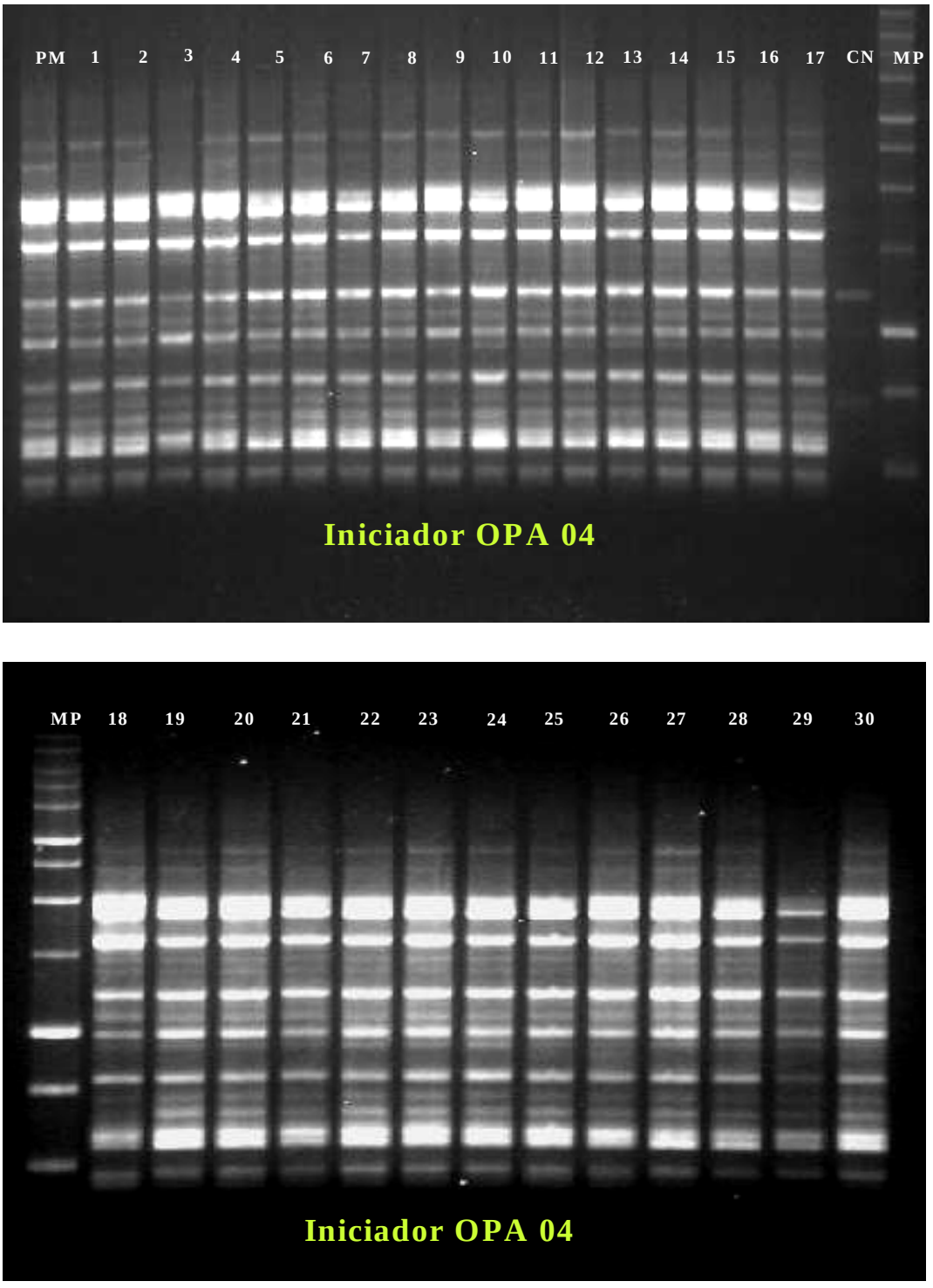


FIGURA 2. Productos de amplificación de ADN de la planta madre y de los 30 somaclones obtenidos a través del proceso de cultivo *in vitro*, usando el iniciador OPA 04, separados por electroforesis en gel 1,4% de agarosa y teñido con Bromuro de Etidio. Las líneas corresponden: Línea MP, marcador de peso molecular; Línea PM, Planta madre, líneas de números corresponden a los somaclones ya que están enumerados de manera creciente del 1 hasta el 30.

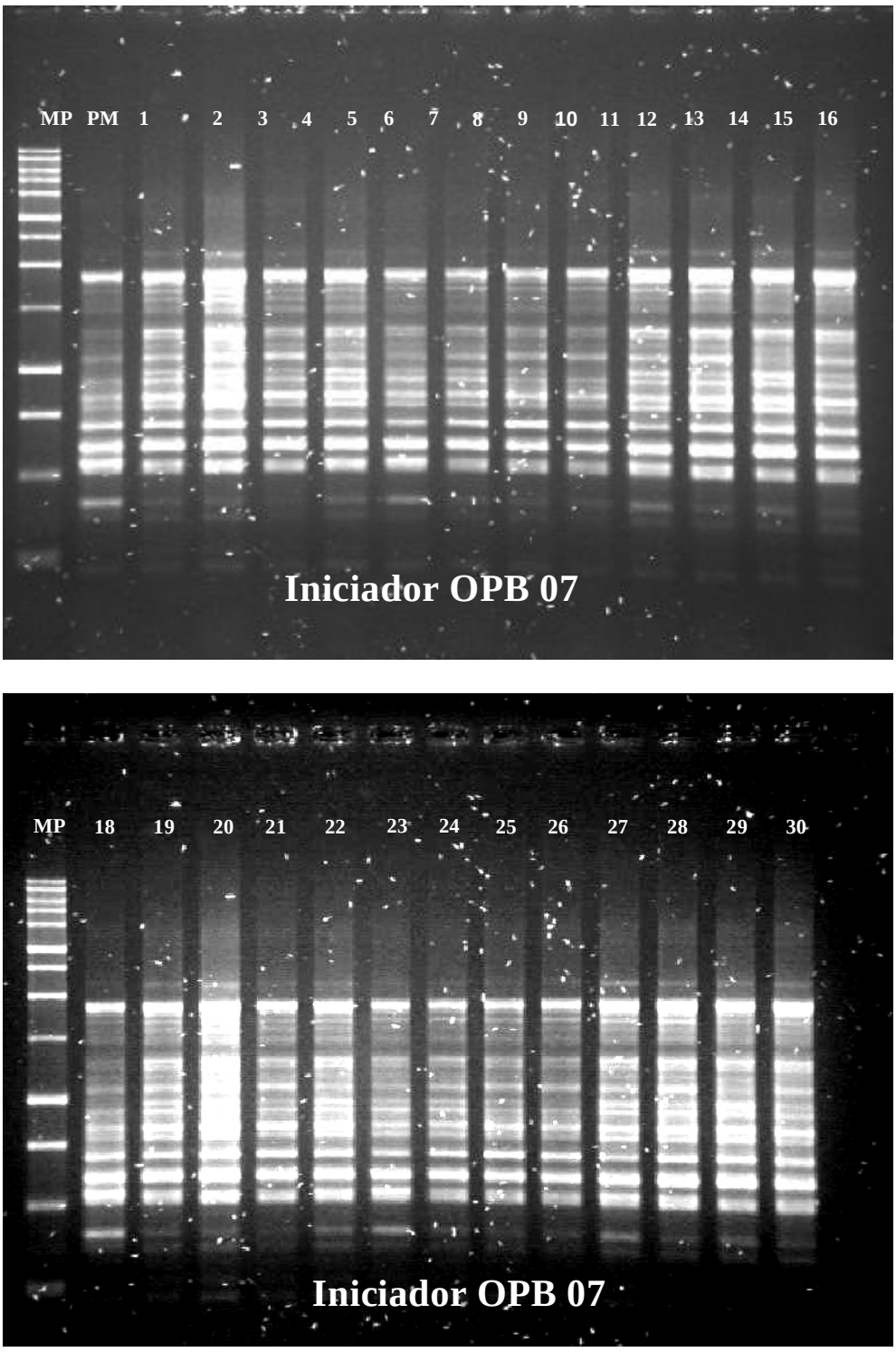


FIGURA 3. Productos de amplificación de ADN de la planta madre y de los 30 somaclones obtenidos a través del proceso de cultivo *in vitro*, usando el iniciador OPB 07, separados por electroforesis en gel 1,4% de agarosa y teñido con Bromuro de Etidio. Las líneas corresponden: Línea MP, marcador de peso molecular; Línea PM, Planta madre, líneas de números corresponden a los somaclones ya que están enumerados de manera creciente del 1 hasta el 30.

En susu trabajos, Tui Ray *et al*. (2006) estudiaron las relaciones y la fidelidad genética entre las variedades cultivadas y plantas micropropagadas empleando RAPD e ISSR, determinando la existencia de variantes somaclonales en el grupo estudiado. Venkatachalam *et al*. (2007) observaron estabilidad genética al analizar plantas micropropagadas de una variedad de *Musa* para postre (AAB) denominada Nanjanagudu Rasabale, obtenidas a partir de un proceso de multiplicación donde se emplearon altas concentraciones de BA.

La investigación realizada indica que altas concentraciones de citocininas en los procesos de cultivo *in vitro* originan variación somaclonal, sin embargo, por ser éste un proceso azaroso, los porcentajes de variabilidad pueden ser variados, y en algunas ocasiones y de acuerdo a diferentes factores como el genotipo de las plantas cultivadas *in vitro*, algunas veces resulta bajo, como sucedió con las plantas de cambur manzano empleadas en esta investigación.

Adicionalmente, se afirman que las características derivadas de este cambio son evaluadas a través de marcadores RAPD, los cuales resultaron ser marcadores moleculares adecuados para determinar la estabilidad o variabilidad de plantas regeneradas *in vitro*.

La variabilidad observada en las plantas propagadas *in vitro* empleando altas concentraciones de citocininas podría ser empleadas en procesos de mejoramiento genético del material estudiado, debido a que dicho cambio representa una resistencia a cierto tipo de enfermedades y plagas, lo que resultaría beneficioso, sobre todo desde el punto de vista económico para el productor, ya que podría disminuir la utilización de químicos para la eliminación de patógenos, lo que se traduce en una disminución del capital a invertir en cada cosecha y en beneficios para el ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

Azofeifa-Delgado, A. 2006. Uso de Marcadores Moleculares en Plantas: Aplicaciones en Frutales del Trópico. Agronomía Mesoamericana 17(2):221-242.

Cárdenas, J. E, L. Pocasangre, A. S. Riveros y F. Rosales. 2002. Selección temprana de vitroplantas de Gros Michel (AAA) resistentes a la raza 1 del Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f.sp. cubense). Memoria del II Encuentro de Investigadores en Agricultura Orgánica.

Cloutier, S. and B. S. Landry. 1994. Molecular Markers Applied to Plant Tissue Culture. *In vitro* Cell Dev. Biol. 30:32-39.

Crouch, H. K., J. H. Crouch, S. Madsen, D. R, Vuylsteke and R. Ortiz. 2000. Comparative analysis of phenotypic and genotypic diversity among plantain landrace (*Musa* spp., AAB, group). Theoretical and Applied Genetics 101(7):1 056-1 065.

Doyle, J. J. and J. L. Doyle. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissues. Focus 12:13-15.

Duncan, R. 1997. Tissue Culture-Induced variation and crop improvement. Advances in Agronomy 58:201-240.

Escalant, J. V., A. Tapia y J. Sandoval. 1989. Inducción de Callos Suspensión de Células y posibilidades de Regeneración en *Musa* sp. previa presión de Selección. **In:** Memorias de la IX reunión de ACORBAT, Mérida, Venezuela. p. 35-42.

Fauré, S., J. L. Noyer, J. P. Horry, F. Bakry, C. Lanaud and D. Gonzalez de Leon. 1993. A molecular marker-based linkage map of diploid bananas (*Musa acuminata*). Theor. Appl. Genet. 87:517-526.

Gawel, N. J., R. L. Jarret and A. P. Whittemore. 1992. Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP)-Based Phylogenetic Analysis of *Musa*. Appl.Genet. 84:286-290.

Giménez, C., E. de Garcia, N. Xena de Enrech and I. Blanca. 2001. Somaclonal Variation in banana: cytogenetic and molecular characterization of the somaclonal variant CIEN BTA-03. *In vitro* Cell. Dev. Biol.Plant 37:217- 222.

Haddad, O. y O. Borges. 1974. Los Bananos en Venezuela: Estudio y Descripción de Clones de Plátano y Cambur. Dirección de Investigación. Ministerio de Agricultura y Cría. 105 p.

Haddad, O. y F. Leal. 1996. Situación actual y perspectivas de la producción de cambur de exportación y otras Musáceas en el estado Aragua. Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en el estado de Aragua. [en línea]. Disponible en www.fundacite.arg.gov.ve./papelesf/index.html.

Kahangi E., M., M. A. Lawton, C. A. Kumar. 2002. RAPD profiling of some banana varieties selected by small-scale farmers in Kenya. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 77(4):393-398.

Larkin, P. and W. Scowcroft. 1981. Somaclonal variation- a novel source of variability from cells cultures from plant improvement. Theor. Appl. Genet. 60:197-214.

Martin, K. P., S. K. Pachathundikandi, C. I. Zhang, A. Slater and J. Madassery. 2006. RAPD analysis of a variant of banana (*Musa* sp.) cv. Grande Naine and its propagation via shoot tip culture. *In vitro* Cell. Dev. Biol. Plant 42:188-192

Munthali, M., H. J. Newbury and B. V. Ford-Lloyd. 1996. The detection of somaclonal variants of beet using RAPD. Plant Cell Rep. 15:474-478.

Murashige, T. y F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bisassays with tobacco cultures. Physiology Plantarum. 15: 473-497.

Orellana, P, J. Pérez-Ponce, D. Agramonte, R. Gómez, E. Jiménez, S., Martínez, E. Almaguer y P. Gómez. 1991. La micropropagación del plátano a escala comercial en Cuba. Universidad central de Las Villas. Cuba 8 p.

Pillay, M., D. C. Nwakanma and A. Tenkouano. 2000. Identification of RAPD marker linked to A and B genome sequences in *Musa* L. Genome 43(5):763-767.

Pérez Ponce, J. 1992. Variación Somaclonal. Primer curso FAO-Francia-Cuba, sobre técnicas modernas de mejoramiento y multiplicación de especies agámicas. U.C.L.V. Cuba. S/P.

Salazar, E., J. G. Surga, J. A. Landínez y I. Trujillo. 2006. Uso de RAPD para la caracterización molecular de genotipos de *Musa* AAA propagados *in vitro*. Memorias de la Reunión Internacional ACORBAT 2006. Vol 2. p. 484.

Sánchez, I. 2002. Búsqueda y aislamiento de marcadores moleculares en *Pleurotus ostreatus*. (En línea). Navarra, España. (Consultado 1 ago. 2002). Disponible en www.unavarra.es/genmic/publicaciones/tfc/isabel%20sanchez.htm

Smith, M. K. 1988. A review of factors influencing the genetic stability of micropropagated bananas. Fruits 43:219-223

Surga, J. 1988. Obtención de plantas libres de Virus de Mosaico del pepino por cultivos de ápices meristemáticos aislados *in vitro* de dos cultivares de banano. Fitopatología Venezolana. 1(2):69-72.

Tingey, S. V., J. A. Rafalski and J. G. K. Williams. 1994. Genetic Analysis with RAPD Markers. **In:** Aplications of RAPD Technology to Plant Breeding. Minneapolis. Minnesoto. p. 3-8.

Trujillo, I. 1994. Aplicación de Técnicas Biotecnológicas en el Mejoramiento del género *Musa*. Tesis Doctoral. Universidad Central de Venezuela. Escuela de Biología. Dto. de Botánica.

Trujillo, I. and E. de García. 1996. Aplicación de métodos de presión de selección en la obtención de variantes de banano resistentes a la Sigatoka amarilla. Phyton 59: 111-121.

Tui, Ray, D. Indrajit, S.Prasenjit, D. Sampa and S. C. Roy. 2006. Genetic stability of three economically important micropropagated banana (*Musa* spp.) cultivars of lower Indo-Gangetic plains, as assessed by RAPD and ISSR markers. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 85:11-21

Vidal, M. 1996. Análisis bioquímico y genético de somaclones de *Musa* sp. obtenidos mediante procesos de cultivo *in vitro*. Universidad Central de Venezuela. Escuela de Biología. Dpto. de Botánica.

Vendrame, W. A, G. Kochert and H. Y. Wetzstein. 1999. AFLP analysis of variation in pecan somatic embryos. Plant Cell Rep. 18:853-857

Venkatachalam, I., R. V. Sreedhar and N. Bhagyalakshmi. 2007. Genetic analyses of micropropagated and regenerated plantlets of banana as assessed by RAPD and ISSR markers. *In vitro* Cell.Dev.Biol. Plant 43:267-274.

Vuylsteke, D., R. Swennen and E. De Langhe. 1991. Somaclonal variation in plantains (*Musa* spp., AAB group) derived from shoot-tip culture. Fruits 46:429-439.

Williams, J. G. K., A. R. Kubelik, K. J. Livak, J. A. Rafalski and S. V. Tingey. 1990. ADN Polymorphisms amplified by Arbitrary Primers are Useful as Genetic Markers. Nucleic Acids Research. 18(22):6 531-6 535.

EVALUACIÓN DEL BANCO DE SEMILLA DE ARROZ MALEZA Y VOLUNTARIO EN EL SUELO

EVALUATION OF WEEDY RICE AND VOLUNTEER RICE SOIL SEED BANK IN ONE LOT OF LA LUCÍA FARM

Aída Ortiz Domínguez*, Luís López, Marjorie Cásares* y Humberto Moratinos***

* Profesores. UCV. Facultad de Agronomía. Estado Aragua. Venezuela.
E-mail: ortiza@agr.ucv.ve; canaruma@gmail.com; moratinosh@agr.ucv.ve
** Ingeniero Agrónomo. arrozluis@gmail.com

RESUMEN

El arroz maleza (AM), *Oryza sativa* L., es una de las principales malezas en Venezuela. El objetivo de este trabajo fue evaluar el banco de semillas de AM y arroz voluntario del suelo en un lote de la finca La Lucía en Portuguesa-Venezuela. Se utilizó un sistema de transectas en diagonal doble, seleccionando 5 puntos en cada melga, para lo cual se excavaron trincheras para extraer muestras de suelo a 0-10 y 10-20 cm de profundidad, evaluando: (1) banco pasivo, contando las semillas presentes en la muestra de suelo, números de semillas m^{-2}; germinación, latencia, viabilidad y mortalidad y (2) banco activo, colocando el suelo en bandejas, contando el número de plántulas emergidas cada 15 días por un período de 2 meses. Los resultados indicaron que a la profundidad de 0-10 cm se encontró el mayor número de semillas de AM, así mismo, en el banco pasivo la densidad fluctuó entre 230 a 2 825 semillas AM m^{-2}, encontrando mayor densidad en las melgas centrales que en las laterales. En ambas profundidades, las semillas viables mostraron más de 90% de latencia. Esto fue corroborado con la técnica de la emergencia en bandeja que mostró una menor densidad de plántulas de AM comparada con la cantidad de semillas encontradas en los mismos puntos de muestreos y el cual representó al banco de semilla activo de malezas, con un patrón de distribución siguiente: las 2^{ras} melgas no presentaron AM, las 3 últimas mostraron baja población (55, 25 y 55 plántulas m^{-2}, respectivamente) y las del centro tuvieron mayor densidad de AM (135, 391 y 65 plántulas m^{-2}). El AV mostró una densidad mediana en el banco de semilla del suelo (325 semillas m^{-2}) y sus atributos de viabilidad, mortalidad, latencia y germinación siguió la misma tendencia del AM.

Palabras Clave: *Oryza sativa* L.; banco de semilla de malezas del suelo; viabilidad; latencia; mortalidad; emergencia de plántulas.

SUMMARY

Weedy rice (WR), *Oryza sativa* L., is one of the main weeds in Venezuela. The purpose of this study was to evaluate, the WR and volunteer rice (VR) soil seed banks at 8 seedbed that represent 24 ha of a rice farm of 500 ha, in Portuguesa, Venezuela. The sampling was realized in double diagonal. We excavated trench to extract soil samples to 0-10 and 10-20 cm deep, where was evaluated: (1) passive bank, counting seeds present in the soil sampling and (2) active bank, placing the soil in plates and counting the emerged seedlings. The results showed that in depth of 0-10 cm were found more seeds of WR than in 10-20 cm. Therefore, the density in the passive bank fluctuated between 230-2825-WR seeds m^{-2}, founded more WR seeds in the central seedbeds than in lateral seedbeds. In all the seedbeds, the seeds on the surface had higher seed viability than the seeds that were found deeper. In both depths, the viable seeds showed more of 90% of dormancy. This was corroborated with the technique of emergence in plate, which showed a lower density of WR seedlings compared with the amount of seeds found in the same points of the sampling and which represented the WR active seed bank, with the following distribution pattern: The first two seedbed did not show WR, the last three seedbeds showed low population (55, 25 and 55 seedlings m^{-2}, respectively) and the seedbeds on the middle had the highest density of WR (135, 391 and 65 seedlings m^{-2}). The VR showed medium density in soil seed bank (325 seeds m^{-2}), and its attributes of viability, mortality, dormancy y germination followed the same trend than WR. VR has more seeds density at 0-10 cm depth than 10-20 cm, similarly that WR.

Key Words: *Oryza sativa* L.; viability; dormancy; mortality; seedling emergence.

RECIBIDO: febrero 08, 2009

ACEPTADO: julio 20, 2009

INTRODUCCIÓN

En Venezuela el arroz maleza (AM; *Oryza sativa* L.) ocasiona diferentes daños en la cadena agroproductiva del arroz; en primer lugar a nivel de agricultores, bajando los rendimientos del cultivo y disminuyendo el valor de la finca, en segundo lugar en la agroindustria, disminuyendo la calidad molinera, culinaria del producto final, además de requerir más arroz paddy para producir un kilogramo de arroz entero, como tercer punto, en las empresas de semillas ya que su presencia condiciona la certificación de la semilla y ocurre mucha descalificación de lotes de semillas de arroz, lo que ocasiona una merma considerable en la oferta de semilla en el mercado nacional.

En Venezuela el AM puede disminuir de un 50 a 62% el rendimiento de las variedades de arroz cuando se encuentran entre 50 y 77 plantas de AM m^{-2}, respectivamente (Ortiz *et al*., 2004; Ortiz y Torres, 2004). Así mismo, se ha encontrado que a medida que el arroz paddy llega contaminado con AM a la agroindustria, se reduce el porcentaje de granos entero y la transparencia de los granos, además de aumentar el porcentaje de granos panza blanca y yesoso (Ortiz, 2000; Torres, 2003; Ortiz y Ojeda, 2006).

En el año 2005, se detectó que el 67% de la semilla certificada de arroz en Venezuela tenía arroz rojo (Machado, 2006). Igualmente, en ese mismo período se encontró que el arroz rojo proveniente de lotes de semilla certificada producidos en el estado Portuguesa, se parecen a las variedades de arroz en altura de planta, hábito de crecimiento, color de las hojas y longitud de los granos, lo que pareciera indicar que el AM está evolucionando a formas miméticas muy parecidas a las variedades, morfología que no permite su distinción durante el proceso de depuración de campos, aumentando la dificultad para su erradicación manual (Ortiz *et al*., 2007).

Como el AM posee el mismo genoma que las variedades cultivadas, es difícil controlar esta mala hierba, por lo cual se debe plantear un manejo integrado de la misma utilizando principalmente semilla libre de arroz rojo y métodos de control presiembra, unido a la falsa germinación, bajen su densidad; para ello se debería contar con estudios de banco de semilla de malezas del suelo que puedan monitorear la situación en los lotes de siembra a fin de establecer el número de controles apropiados (Ortiz, 2005; Delouche *et al*., 2007).

Aunque en otros países actualmente se están usando estrategias de control postemergente más sofisticadas, como la tecnología de variedades transgénicas y mutantes con resistencia a herbicidas tales como glufosinato de amonio y glifosato en el primer caso e imidazolinonas en el segundo (Delouche *et al*., 2007; Gealy *et al*., 2003; Gealy, 2005; Burgos *et al*., 2004), en Venezuela aún no hay disponibilidad de dichos cultivares.

El banco de semillas es una reserva viable de diásporas no germinadas en un hábitat determinado (Basking y Basking, 2001), que está constituido por un banco temporal y otro persistente. Las semillas del banco temporal sólo germinan durante un ciclo o no sobreviven durante la segunda estación climática, mientras que en el persistente duran más de un ciclo o emergen en la segunda época (Thompson y Grime, 1979), en el trópico es difícil representar el banco de semillas de malezas temporal y persistente (Basking y Basking, 2001).

El desgrane temprano y abundante, el pericarpio rojo y la latencia de las semillas son las características constantes en los arroces rojos. El desgrane de las semillas a medida que maduran en la panícula es un mecanismo importante para su dispersión y distribución en el campo, asegurando que buena parte de las semillas caídas se distribuyan sobre la superficie del suelo donde pueden ser esparcidas por el viento y el agua (Delouche *et al*., 2007).

Los bancos de semillas de malezas (SM) del suelo revisten una gran importancia ecológica y evolucionista en la dinámica de las poblaciones y comunidades de las especies de malezas y son el mejor indicador de la influencia a largo plazo de las prácticas agronómicas de la flora que se observa sobre el suelo (Forcella *et al*., 2003).

Las semillas de malezas en el banco del suelo en campos agrícolas, por lo general siguen un patrón de dispersión agregada y una distribución binomial negativa (Chauvel *et al*., 1989; Wiles y Schweizer, 1999; Navarro y Pérez, 2004). Quizás la forma de distribución agregada podría ser el resultado de una dispersión limitada desde las plantas madres o también cuando el hombre ayuda a su diseminación con las prácticas culturales aplicadas durante el proceso de producción de los cultivos, por ejemplo, utilización de semilla, uso de la cosechadora, preparación del suelo, entre otras (Forcella *et al*., 2003).

La preparación del suelo afecta el banco de semilla de AM del suelo. En 4 ciclos de experimentos fueron suficientes para observar un cambio en la dinámica poblacional del AM en una finca de arroz en Costa Rica, en los cuales se observó una mayor densidad del AM

cuando se hizo labranza convencional comparada con la cero labranza o siembra directa (Brenes *et al*., 2006). Así mismo, la distribución vertical del banco de semillas de malezas en el suelo también fue diferente entre los 2 sistemas de labranza. En la labranza convencional la distribución de semillas de malezas fue uniforme a través de diferentes rangos de profundidad del suelo, mientras que el la siembra directa las semillas se localizaron en los primeros 5 cm de profundidad por debajo de la superficie (Ortega y Agüero, 2005).

La rotación de cultivo también produce un cambio en la densidad de AM en el suelo, así en Río Grande Do Sul, Brasil, se ha encontrado que el monocultivo de arroz de riego mantiene una alta infestación de AM en el suelo. La rotación de cultivo con soya, maíz y sorgo, asociado al uso de herbicidas específicos, independiente de la secuencia utilizada, en tres años, redujo el número de semillas de AM en la superficie del suelo (0-1 cm) y también en la profundidad de 0-10 cm (André *et al*., 2001).

La mayor densidad de AM en el perfil del suelo se encuentra en los primeros 5 cm, tal como se señala para un suelo arrocero en Italia donde se encontraron 2 504 semillas m^{-2}, a 10 cm de profundidad, las cuales se distribuyeron en un 29% a 0-1 cm, 69% a 1-5 cm y 2% a 5-10 cm (Ferrero y Vidotto, 1999).

Cuando se prepara el suelo después de la cosecha se entierran muchas semillas de AM que adquieren latencia secundaria por luz y logran sobrevivir por muchos años y mantener el problema en estos campos de producción. En Colombia se ha encontrado que el AM Pipón Desgranador a ser enterrado en el suelo desarrolló latencia secundaria debido a la oscuridad, provocando fotodependencia para activar la germinación (Montealegre y Clavijo, 1994).

En el país se evaluó en la época norte verano el banco de SM en el suelo de la Finca Soledad de Armo en localidad de Potrero de Armo-Portuguesa, encontrándose que el banco pasivo de semilla viable de AM estuvo constituido con más de 80% por diásporas latente. Así mismo, se detectó que del total de semilla de AM extraída del suelo mostró 70% de viabilidad y 30% estaba muerta. No obstante, el banco activo de AM reveló 600 plántulas m^{-2}, contados en 2 meses de evaluación (cada 15 días), considerada una alta densidad de AM para este lote de producción de arroz (Abreu y Solórzano, 2006).

De acuerdo con la importancia de conocer el componente maleza del suelo para desarrollar estrategias de manejo del AM, se planteó como objetivo de este trabajo de investigación el evaluar el banco de semilla de AM y arroz voluntario (AV) del suelo en un lote de la Finca arrocera La Lucía en el estado Portuguesa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó en la época de lluvias en 8 melgas, denominadas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, las cuales tuvieron tamaños de 2, 2, 6, 4, 4, 2, 2, y 2 ha, respectivamente; sumando en total 24 ha, de la Finca La Lucía cuya superficie total es de 500 ha, la cual está ubicada en el municipio Turén, estado Portuguesa.

El suelo de donde se tomaron las muestras de suelo se clasifica como Tropaquepts, orden Inceptisol, el cual tiene un uso con cultivos anuales (arroz, maíz y sorgo). Este suelo se ubica en una pendiente alrededor de 0,2-0,5%, en posición de banco, con drenaje limitado; siendo su textura predominante arcillo limoso (AL), pH de 6,23 (ligeramente ácido), conductividad eléctrica, fósforo, potasio, calcio, magnesio y materia orgánica con 0,07 ds m m^{-1}; 25 mg kg^{-1}; 68 mg kg^{-1}; 1 064 mg kg^{-1}; 252 mg kg^{-1} y 4,41%, respectivamente.

El experimento se instaló en la zona de vida de bosque seco tropical (Ewel *et al*., 1968), caracterizado por los siguientes elementos: (a) temperatura media anual de 27 °C, (b) precipitación media anual de 1 424 mm, (c) evaporación media anual 1975 mm, y (d) evapotranspiración promedio de 1 481 mm. Turén está ubicado a 9° 15' latitud norte, y 69° 6' longitud oeste.

Se realizó un muestreo usando cuerdas de nylon ubicadas de forma diagonal doble en las melgas, seleccionando 10 puntos al azar enmarcados dentro de las diagonales de cada una. En cada punto se hizo una trinchera de 0,3 X 0,3 X 0,3 m de ancho, largo y profundidad, respectivamente. En esta trinchera se tomaron 4 muestras, 2 de 0-10 y 2 de 10-20 cm en 2 caras de la misma, a fin de realizar la determinación del banco pasivo y activo de AM del suelo a 2 profundidades. Se utilizó un toma-muestra de acero que se construyó con las siguientes dimensiones 0,17 X 0,13 X 0,10 m, de largo, ancho y profundidad, lo que equivale a un área de suelo de 0,0221 m^{-2} o un volumen de 0,00221 m^{-3} (Ortiz, 2005). Estas dimensiones se tomaron de acuerdo con las dimensiones de las bandejas a usar en la prueba de determinación del banco activo. Cada muestra se colocó en doble bolsa plástica previamente identificada. Se obtuvieron un total de 320 muestra de suelo (160 para determinar el banco pasivo y 160 para el activo),

con un peso promedio de 3,393 kg cada una. Estas muestras fueron trasladas al laboratorio de Malezas de FAGRO-UCV para su análisis.

Determinación del banco pasivo del suelo

Se estimó a través del método de extracción directa de las semillas según Malonne (1967), modificado por Ortiz y González (2001). Cada muestra de suelo fue disgregada e introducida en un recipiente con una capacidad de 18 l, que contenía 6 l de agua y 100 g de sal de mesa, para facilitar la separación de las arcillas. Las muestras en disolución se dejaron en reposo por 24 h; posteriormente se separaron las distintas semillas pasando la muestra de suelo ya diluida por un juego de tamices de diferentes diámetros (1 mm; 0,833 µm, 500 µm; 0,175 µm y 0,75 µm), lavándose con abundante agua a presión para eliminar los restos de suelo y materia orgánica. Una vez que las semillas fueron aisladas se colocaron en cápsulas Petri, para ser llevadas al laboratorio de semilla para su clasificación utilizando una lupa estereoscópica de 20X y comparando con las manuales de identificación de semillas (Lorenzi, 1994; Velásquez, 1993; Kissmann, 1997).

Una vez identificadas las semillas de las especies, se procedió al conteo de las semillas llenas y vanas de AM, arroz espontáneo y otras malezas (no señaladas en ese estudio); luego las semillas llenas se colocaron en cápsulas de Petri con papel de filtro Whatman # 1 y se pusieron en una cámara de germinación a temperatura constante de 30 °C, según protocolo ISTA (1993). A los 14 días después de la siembra se contaron las plántulas de AM y las semillas que no germinaron se sometieron a la prueba de viabilidad con sal de tetrazolio al 0,5% (ISTA, 1993), lo cual permitió determinar las semilla vivas y muertas de AM.

Se evaluaron las variables: (1) Número de semillas m^{-2}, (2) Porcentaje de germinación (%), (3) Porcentaje de Latencia (%), (4) Porcentaje de viabilidad (%) y (5) Porcentaje de mortalidad (%).

Determinación del banco activo de semilla

El banco de semilla de malezas activo se determinó según la metodología de Forcella (1997), para ello las muestras de suelo recolectadas a las 2 profundidades 0-10 y 10-20 cm se colocaron en bandejas de 17 X 13 X 15 cm de largo, ancho y profundidad, respectivamente, las cuales se ubicaron en un invernadero con suficiente agua, simulando el riego que se hace usualmente en los arrozales. Posteriormente, cada 15 d por 4 veces se cuantificaron el número de plántulas de malezas por especie que emergieron en estas bandejas. Estas plántulas se identificaron por medio del manual de identificación de malezas en el cultivo de arroz (Medina y Dorante, 1996; Lorenzi, 1994; Kissmann y Groth, 1997).

Análisis estadístico

A los datos de las variables evaluadas en este experimento se les realizó un análisis no paramétrico, debido a que no cumplieron con el supuesto de normalidad; para ello se utilizó la prueba de Friedman en el programa estadístico Statistix 9.0. Igualmente, se usó la estadística descriptiva, media y error estándar para realizar los gráficos en las Figuras mostradas en los resultados y discusión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Arroz maleza

Se encontraron mayor número de semillas y plántulas de AM a la profundidad de 0-10 cm que a 10-20 cm, así mismo hubo diferencias en la densidad de semillas y plántulas de AM entre las melgas evaluadas, observándose mayor densidad en las centrales que en las laterales ($P<0,05$). La germinación de las semillas extraídas del suelo fue baja en casi todas las melgas y en ambas profundidades muestreadas (menos de 10%). La latencia de las semillas de AM del banco del suelo superó el 90%, en la mayoría de las melgas con excepción de número uno a la profundidad de 10-20 cm. La menor latencia observada en las semillas ubicadas a la profundidad de 10-20 cm en la melga 1, quizás se deba a que las condiciones particulares de humedad, temperatura y oxigenación del suelo promovieron la ruptura de latencia e hicieron que las semillas germinaran en un 50%.

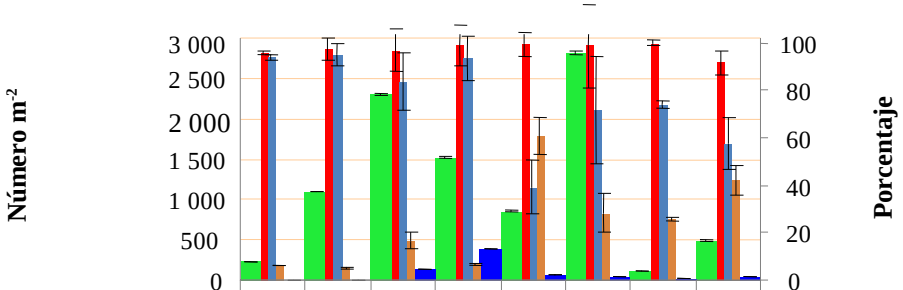
El banco pasivo de malezas estuvo representado por 230 a 2 825 semillas m^{-2} y 5 a 740 semilla m^{-2} y el activo por 25 a 392 plántula m^{-2} y 5 a 50 semillas m^{-2}, a las profundidades del suelo de 0-10 y 10-20, respectivamente.

La alta variabilidad del número de semillas m^{-2} y plántulas m^{-2} encontrada a los 0-10 y 10-20 cm de profundidad del suelo entre melgas se explica debido a que la dispersión de las diásporas de AM en el banco de semilla del suelo siguen un patrón agregado y una distribución binomial negativa por lo cual casi nunca se encuentra una repartición homogénea horizontal de las semillas de las malezas (Chauvel *et al*., 1989; Wiles y Schweizer, 1999; Navarro y Pérez, 2004; Forcella *et al*., 2003).

De la misma forma, la alta variabilidad observada en la distribución vertical de las semillas se debe a que el enterramiento de las semillas de malezas en el suelo de fincas de cultivos es más afectado por la preparación del suelo por lo cual las semillas no se distribuyen uniformemente en el perfil del suelo; así se considera que prácticas como la cero labranza logra concentrar el 60% de las semillas en el primer centímetro de suelo y la densidad decrece logarítmicamente a mayor profundidad (Yenish *et al.*, 1992).

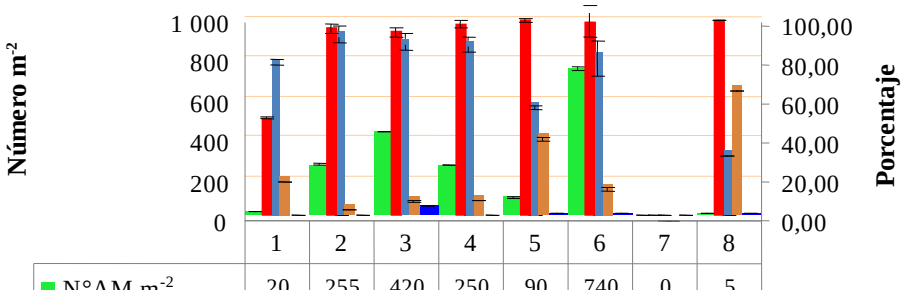
La viabilidad de las semillas fue heterogénea, observándose diferencias entre las melgas que fluctuaron entre 30 a 90% en ambas profundidades (P<0,05). Igualmente, la mortalidad mostró el mismo patrón diverso, encontrándose un rango entre 5 a 61% (Figura 1).

0-10 cm



	1	2	3	4	5	6	7	8
N°AM m^{-2}	230	1105	2305	1515	850	2825	115	485
% Germinación	4,35	2,71	3,25	1,32	0,59	1,24	0,00	8,25
N° Plántulas m^{-2}	0	0	136	392	65	55	25	55
% Latencia	96	97	97	99	99	99	100	92
% Viabilidad	93,88	94,85	83,51	93,23	39,26	71,61	74,19	57,74

10-20 cm



	1	2	3	4	5	6	7	8
N°AM m^{-2}	20	255	420	250	90	740	0	5
% Germinación	50,00	3,92	5,95	2,00	0,00	0,68	0,00	0,00
N° Plántulas m^{-2}	0,00	0,00	50,00	0,00	5,00	10,00	0,00	5,00
% Latencia	50,00	96,08	94,05	98,00	100,00	99,32	0,00	100,00
% Viabilidad	80,00	94,44	90,32	89,29	58,06	83,62	0,00	33,33

FIGURA 1. Número de semillas viables m^{-2}, porcentaje de germinación, número de plántulas m^{-2}, porcentaje de latencia de las semillas, porcentaje de viabilidad y porcentaje de mortalidad de las semillas de arroz maleza (AM), encontradas a dos profundidades (0-10 cm y 10-20 cm) en el banco del suelo de un lote de la finca La Lucía- Turén. Portuguesa. Ciclo de Lluvias 2005. Las melgas están representadas en el eje de abscisas por números que van desde el 1 al 8.

El banco activo de AM del suelo fue bajo en esta finca, comparándolo con la densidad AM encontrada en el banco pasivo del mismo suelo, incluso hubo melgas que no mostraron plántulas de AM a pesar de tener una población viable alta. Quizás esto pueda ser explicado a que la latencia es un mecanismo efectivo de sobrevivencia para el AM porque demora la germinación hasta encontrar mejores condiciones para crecer y reproducirse; además, las semillas adquieren diferentes grados de latencia a manera de distribuir la germinación en el tiempo y aumentar la probabilidad de hacerlo cuando haya mejores oportunidades de procrearse (Delouche *et al*., 2007).

La mayor densidad de AM encontrada en la superficie del suelo en este estudio, coincide con varios trabajos donde se indica que por lo general las semillas de las malezas se distribuyen verticalmente en el suelo en los primeros 10 cm del suelo (Forcella *et al*., 2003; Ávila *et al*., 2000), concentrándose principalmente el AM a los 5 cm desde la superficie del suelo (Ferrero y Vidotto, 1999).

Arroz voluntario

El patrón de distribución vertical de la semilla de AV siguió la misma tendencia que el AM, observándose mayor número de semilla de AV a los 0-10 cm que a los 10-20 cm de profundidad. Igualmente, estas semillas de AV mostraron un porcentaje de germinación bajo y una fuerte latencia (>80%). La viabilidad de estás mismas semillas exhibieron valores más altos que la mortalidad (Figura 2).

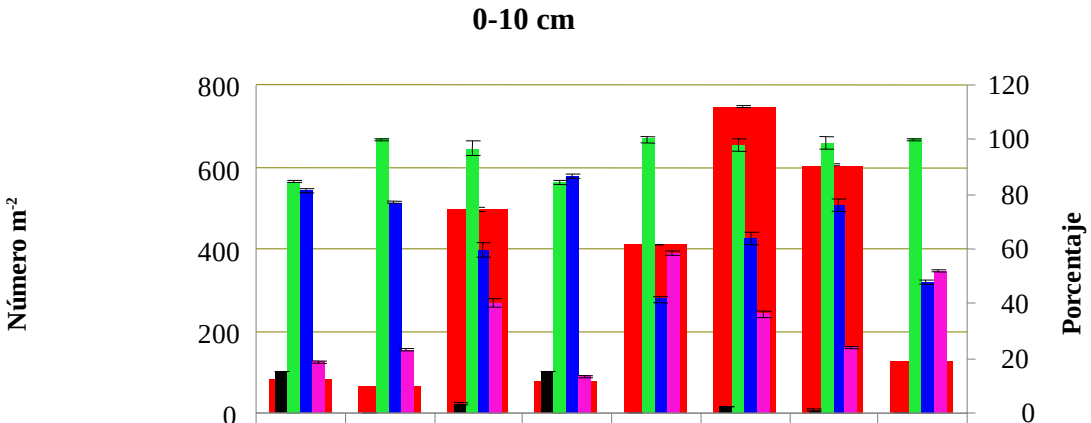
Cuando se comparan los atributos de las semillas de AM y AV encontradas a 2 profundidades de muestreos, se observan datos interesantes que dan una visión de cómo se distribuye la maleza y el cultivo en el suelo. El AM tuvo 4 veces más número de semillas en el banco del suelo que el AV, mientras que el AV mostró mayor germinación y mortalidad que el AM a la profundidad de 0-10 cm. Sin embargo a 10-20 cm de profundidad se observó 16 veces más porcentaje de germinación en el AM que el AV; los otros atributos del AV siguieron la misma tendencia mostrada a la menor profundidad estudiada (ver Cuadro).

Esta repartición de mayor número de semillas del AM que el AV en el suelo tiene que ver con el desgrane del AM que ha sido seleccionado naturalmente para garantizar su dispersión y distribución en el banco de semilla malezas del suelo, mientras que es inconveniente para el arroz cultivado. El hombre ha seleccionado la retención de las semillas en las inflorescencias hasta que han alcanzado la madurez para facilitar y permitir la recolección de los productos (Delouche *et al*., 2007). La selección del carácter que permite que las semillas se queden pegada a las inflorescencias ocurrió en el trigo, cebada y arroz hace aproximadamente de 6 000 a 10 000 años (Diamond, 1999).

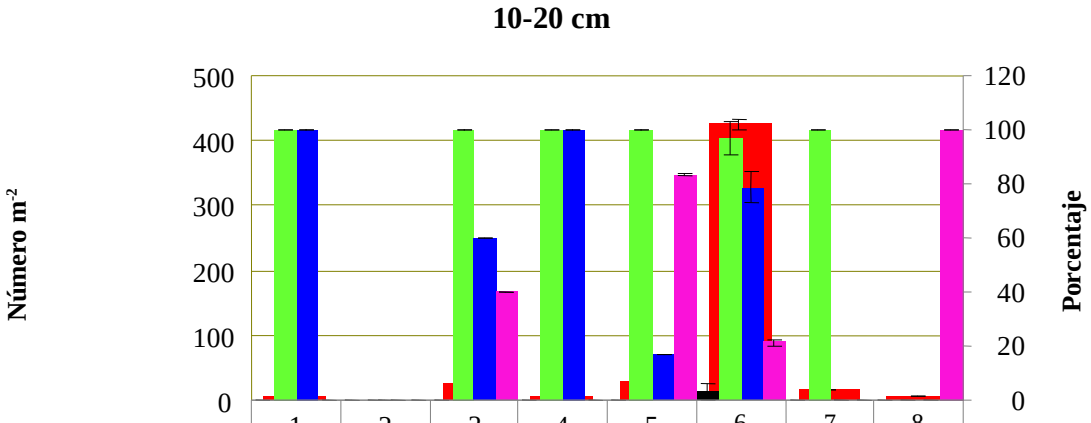
De la misma manera, el desgrane contribuye a la persistencia y difusión del AM en 2 sentidos; el primer lugar el desgrane asegura que parte importante de sus semillas sean distribuidas en la superficie del suelo antes y durante la cosecha, en lugar de ser recogidas y removidas del suelo y en segundo caso el flujo de desgrane de las semillas en la mayoría de los AM ocurre pocos días antes o en el momento en el cual las semillas alcanzan su madurez fisiológica, es decir cuando tienen entre 24 y 28% de contenido de humedad. Este alto contenido de humedad en estas semillas desgranadas permite que las semillas tengan latencia durante el período de postmaduración o postcosecha para evitar la germinación cuando las diásporas caen al suelo que tiene alta temperatura y suficiencia de humedad, factores que favorecen la germinación de estas semillas, lo cual induciría a su muerte a causa de los diferentes períodos de sequía y humedad del suelo, la preparación del suelo y el combate de malezas (Teekachunhatean y Delouche, 1986, Delouche *et al*., 2007). De tal manera que el contenido de humedad de las semillas al momento de su desgrane se considera el atributo de mayor significado ecológico para el AM (Delouche *et al*., 2007).

De acuerdo con diferentes estudios realizados durante 15 años sobre AM se ha determinado que la media de los días después de la antesis para que el AM comenzará a desgranarse fue de 15 d con un intervalo entre 11 y 18 d; el contenido de humedad promedio de las semillas fue de 25% con rango de 16 a 30% y alcanzando una media del porcentaje de desgrane de moderado (30%) con intervalo entre menos de 1% y más de 50% (Noldin, 1995).

Cuando se compara este trabajo con el de Abreu y Solórzano (2006), se observa que cada finca tiene su particularidad del banco de AM del suelo, en el caso de Soledad de Armo, el banco pasivo superficial se evaluó en la época norte verano, representado para ese momento por 407,24 a 859,73 semillas m^{-2} y el activo mostró que en 60 d, el acumulado supera las 600 plántulas m^{-2}, mientras que en la finca La Lucía, valorado en este trabajo, se realizó la extracción de muestras en la época de lluvias y el banco pasivo de AM fluctuó entre 230 a 2 825 semillas AM m^{-2} y el pasivo entre 25 a 325 plántulas m^{-2}.



	1	2	3	4	5	6	7	8
N° Semillas.m^{-2}	80	65	495	75	410	745	605	125
% Germinación	15	0	3	15	0	2	1	0
% Latencia	85	100	97	85	100	98	99	100
% Viabilidad	81	77	60	87	41	64	76	48
% Mortalidad	19	23	40	13	59	36	24	52



	1	2	3	4	5	6	7	8
N° Semillas m^{-2}	5	0	25	5	30	425	15	5
% Germinación	0	0	0	0	0	3	0	0
% Latencia	100	0	100	100	100	97	100	0
% Viabilidad	100	0	60	100	17	79	0	0
% Mortalidad	0	0	40	0	83	21	0	100

FIGURA 2. Número de semillas viables m^{-2}, porcentaje de germinación, porcentaje de latencia, porcentaje de viabilidad y porcentaje de mortalidad de las semillas de arroz voluntario (AV) encontradas a 2 profundidades (0-10 y 10-20 cm) en el banco del suelo de un lote de la finca La Lucía- Turén. Portuguesa. Ciclo de Lluvias 2005. Las melgas están representadas en el eje de abscisas por números que van desde el 1 al 8.

CUADRO 1. Medias y error estándar del número de semillas m^{-2}, porcentaje de latencia, porcentaje de germinación, porcentaje de viabilidad, porcentaje de mortalidad y número de plántulas de las 8 melgas de un lote de 24 hectáreas de la Finca La Lucía, Portuguesa. Ciclo de Lluvias 2005.

	Arroz Maleza			
	0-10 cm	**0-10 cm**	**10-20 cm**	**10-20 cm**
	Media	**Error Estándar**	**Media**	**Error Estándar**
N°AM m^{-2}	1 178,75	257,46	222,5	591,26
% Latencia	97,29	36,36	79,68	36,36
% Germinación	2,71	17,18	7,82	17,18
% Viabilidad	76,03	33,67	66,13	33,18
% Mortalidad	23,97	22,23	21,37	22,23
N° Plántulas m^{-2}	90,92	17,06	8,75	17,06
	Arroz Voluntario			
N°AM m^{-2}	325	272,83	63,75	146,35
% Latencia	95,33	6,72	74,63	46,07
% Germinación	4,67	6,72	0,37	1,06
% Viabilidad	66,71	16,25	44,44	45,19
% Mortalidad	33,29	16,25	30,56	40,57
N° Plántulas m^{-2}	*	*	*	*

*No hubo emergencia de plántulas en dos meses de evaluación.

De acuerdo con los resultados obtenidos bajo las condiciones de este estudio, el lote evaluado de 24 ha en la Finca La Lucía mostró un banco de semilla superficial promedio del suelo con alta densidad de arroz maleza (1 178,75 semillas m^{-2}) y voluntario (325 semillas m^{-2}), las cuales mostraron alto porcentaje de viabilidad mayor entre 66,71 y 76,03%; porcentaje de mortalidad entre 23,92 y 33,29%; porcentaje de latencia entre 95 a 97,29% y porcentaje de germinación alrededor de 2-3%, respectivamente; además presentó un banco activo de emergencia de AM de 90 plántulas m^{-2}.

Esta caracterización permite hacer un plan de manejo del AM a largo plazo en el cual se consideren prácticas de agotamiento de su banco de semillas del suelo, para lo cual, se propone implementar de 2 a 3 falsas germinación o falsa cama para la germinación de las semillas de maleza, la cual se realiza efectuando pases de agua en las melgas y posteriormente cuando la maleza alcance una altura de 10 cm o tenga de 1 a 2 macollos realizar un pase de batido o aplicar algún herbicida no selectivo al arroz (Ortiz, 2005, Delouche *et al*., 2007).

Luego de la siembra del cultivo de arroz con semilla libre de AM, se deberá proceder a erradicar las plantas de AM que hayan escapado a los controles previos antes de su floración, sacándolas de las melgas para su posterior quema.

CONCLUSIONES

- El lote evaluado de 24 ha en la finca La Lucía durante el ciclo de lluvias, presentó una alta densidad de semillas de AM, alta viabilidad, mediana mortalidad, alta latencia y baja germinación, indicando la presencia de un gran banco de AM pasivo.

- El banco de AV pasivo mostró menor densidad de semillas en el suelo comparada con el AM, y los atributos de viabilidad, mortalidad, latencia y germinación siguieron la misma tendencia del AM. No se observó banco activo durante el período de 2 meses que duró las evaluaciones de este estudio.

RECOMENDACIÓN

El manejo del AM en este lote de acuerdo a la alta densidad encontrada en el banco pasivo, se debería realizar utilizando el método de agotamiento de su banco de semilla del suelo por 2 ó 3 veces consecutivas y sembrar semilla de arroz libre de AM, además de proseguir con estas prácticas cada vez que se siembre el cultivo.

AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer la valiosa colaboración prestada por los agricultores Aída Oliva y Pio Oliva, productores de ASOPORTUGUESA, así como al técnico de esta asociación TSU Héctor Galíndez y la Ing. Sandra Torres y al Prof. Bernardo Méndez, por su apoyo en el desarrollo de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Abreu, A. y E. Solórzano. 2006. Estudio del banco de semilla de arroz rojo (maleza) del suelo en la finca "Soledad De Armo" ubicada en el estado Portuguesa. Trabajo de Grado. Maracay, estado Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 120 p.

Andrés, A., L. Ávila, E. Marchezan e V. Menezes. 2001. Rotação de culturas e pousio do solo na redução do banco de sementes de arroz vermelho em solo de várzea. Rev. Bras. de AGROCIÊNCIA 7(2):85-88.

Ávila, L., A. Andrés, E. Marchezan e V. Menezes. 2000. Banco de sementes de arroz vermelho em sistemas de semeadura de arroz irrigado. Ciência Rural, Santa Maria. 30(5):773-777.

Baskin, C. and J. Baskin. 2001. Germination ecology of seed in the persistent seed bank. **In:** Seeds ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. C. Baskin and J. basking Ed. Academic Press. 133-179 p.

Brenes, B., R. Agüero y A. Rodríguez. 2006. Distribución espacial y densidad de poblaciones de arroz rojo (*Oryza sativa* L.) en dos sistemas de labranza. AGRONOMÍA MESOAMERICANA 17(1):35-39.

Burgos, N., V. Shivrain, D. Gealy and H. Black. 2004. Planting date matters in Clearfield rice outcrossing. Proc. Ark. Crop Protect. Assoc. Res. Conf. 8:7.

Chauvel, B., J. Gasquez and H. Darmency. 1989. Changes of weed seed bank parameters according to species, time, and environment. Weed Res. 29:213-219.

Delouche, J, N. Burgos, D. Gealy, G. Zorrilla y R. Labrada. 2007. Arroces maleza-origen, biología y control. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma. 157 p.

Diamond, J. 1999. Up to the starting line. **In:** Guns Germs, Steel. The fates of human societies. New York (NY): WW Norton & Company 35-52 p.

Ewel, J., A. Madriz y J. Tosi Jr. 1968. Zonas de vida de Venezuela: Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. 2da edición. MAC-FONAIAP. Caracas. Venezuela.

Ferrero, A. and F. Vidotto. 1999. Red rice control in rice pre-and post-planting. **In:** FAO. Global workshop on red rice control. Report of Workshop. Varadero, Cuba. Plant Production and Protection Division. Rome. 155 pp.

Forcella, F. 1997. La aplicación de la ecología del banco de semilla en el manejo de malezas. In: consulta con expertos en ecología y manejo de maleza. Roma, Italia. Resúmenes p. 27-40.

Forcella, F., T. Webster and J. Cardina. 2003. Protocols for weed seed bank determination in agro-ecosystems. **In:** Weed management for developing countries. Addendum 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Roma. 18 p.

Gealy, S. 2005. Gene movement between rice (*Oryza sativa*) and weedy rice (*Oryza sativa*): a temperate rice perspective. **In:** J. Gressel (ed.), Crop Ferality and Volunteerism. CRC Press, Boca Ratón, FL, Estados Unidos de América. 323-354 p.

Gealy, D., D. Mitten and J. Rutger. 2003. Gene flow between red and herbicideresistant rice: implications for weed management. Weed Technol. 17:627-645.

International Sedd Test Association (ISTA). 1993. International rules for seed testing. Annexes. Seed Sci. &.Technol.21supplement.Zurich, Switzerland. 288 p.

Kissmann, K. and D. Groth. 1997. Plantas Infestantes e Nocivas. BASF. 2a Edicao. Tomo I, II y III. Brasil. 825 p.

Lorenzi, H. 1994. Manual de Identificacao e controle de plantas daninhas, plantio directo e convencional. 4ta Edición. Edt. Plantorum LTDA. Brazil. 440 pp.

Machado, J. 2006. Seguimiento de la Calidad en la Semilla de Arroz. Senasem-Portuguesa: Caso arroz Rojo. Ciclo de charlas. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 22 p.

Malone, C. 1967. A rapid method for enumeration of viable seeds in soil. Weeds 15:381-382.

Medina, D. e I. Dorante. 1996. Manual de identificación de maleza en el cultivo de arroz bajo riego en Venezuela. APROCELLO. Acarigua. Portuguesa. Venezuela. 20 p.

Montealegre, F. y J. Clavijo. 1994. Efectos ambientales y genéticos en la germinación y dormancia de los arroces rojos. COMALFI. 21(2):20-26.

Navarro, J. y E. Pérez. 2001. Estimación del tamaño, forma y número óptimo de muestras para evaluar el banco de semillas de malezas en un campo de arroz (*Oryza sativa* L.). Trabajo de Grado. Maracay, estado Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 60 p.

Noldin, J. 1995. Characterization, seed longevity, and herbicide sensitivity of red rice (*Oryza sativa* L.) ecotypes, and red rice control in soybeans [*Glycine max* (L.) Merr.] Ph. D. Dissertation. Texas A & M University, College Station, TX. United States. 218 p.

Ortega, Y. y R. Agüero. 2005. Efectos de dos sistemas de labranza sobre poblaciones de arroz rojo (*Oryza sativa* L.) en un agroecosistema arrocero inundado. Agronomía Mesoamericana. 16(1):63-75.

Ortiz, A. 2000. Efecto de algunos ecotipos de arroz rojo sobre el rendimiento en molino y transparencia de los cultivares del arroz Fonaiap 1, Cimarrón y ZETA 15. Agronomía Trop. 50(4):633-642.

Ortiz, A. 2005. Manual de evaluación del banco de semillas de arroz rojo (arroz maleza) en el suelo. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Desplegable. 12 p.

Ortiz, A. y L. González. 2001. Estudio preliminar del banco de semillas de malezas del suelo de algunas zonas arroceras de calabozo, Guárico. Agronomía Trop. 51(4):501-517.

Ortiz, A. y M. Ojeda. 2006. Evaluación del efecto de diferentes proporciones de granos paddy de varietales de arroz maleza sobre la calidad molinera de variedades de arroz. Agronomía Trop. 56(2):199-218.

Ortiz, A., A. Pérez, J. Ochoa y J. Lazo. 2007. Caracterización del arroz rojo proveniente de lotes de semilla de arroz. Parte I. Agronomía Trop. 57(3):147-156.

Ortiz, A., D. Torrealba y S. Fazio. 2004. El tiempo de interferencia de arroz rojo sobre el rendimiento de las variedades Cimarrón y FONAIAP 1. Agronomía Trop. 54(3):293-308.

Ortiz, A. y S. Torres. 2004. La densidad de arroz rojo sobre el rendimiento y sus componentes de la variedad de arroz ZETA 15. Agronomía Trop. 54(3):321-330.

Torres, S. 2003. Efecto de densidades de población de arroz rojo (*Oryza sativa* L.) sobre el rendimiento y calidad molinera de la variedad de arroz ZETA 15. Trabajo de Grado. Maracay, estado Aragua, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 66 p.

Teekachunhatean, T. and J. C. Delouche. 1986. Release of dormancy in red rice seed under field conditions in Mississippi. Proc. 23rd Rice Tech. Working Group Mtg. (Beaumont, TX). United States. 23:61.

Thompson, K. and J. Grime. 1979. Seasonal variation in the seed Banks of herbaceous species in ten contrsastings hábitats. J. Ecol. 67:893-921.

Velásquez, J. 1993. Semillas de plantas acuáticas vasculares del Sur del Estado Anzoátegui. Edt. CORPOVEN filial de PDVSA. Caracas, Venezuela. 47 pp.

Wiles, L. and E. Schweizer. 1999. The cost of counting and identifying weed seeds and seedlings. Weed Sci. 47:667-673.

Yenish, J., P. Doll and D. Buhler. 1992. Effects of tillage on vertical distribution and viability of weed in soil. Weed Sci. 40:429-433.

ESTABILIDAD DEL RENDIMIENTO Y POTENCIAL AGRONÓMICO DE CULTIVARES DE MAÍZ DE ENDOSPERMO NORMAL Y QPM EN ZONAS AGROECOLÓGICAS DE VENEZUELA

YIELD STABILITY AND AGRONOMIC POTENTIAL OF MAIZE CULTIVARS WITH NORMAL AND QPM ENDOSPERM IN AGROECOLOGICAL ZONE OF VENEZUELA

Pedro J. García M.*, Samuel R. Cabrera P.*, Alberto A. Pérez C.*, Rubén J. Silva D., Rosa M. Álvarez P.*, Carlos A. Marín R.***, Pedro P. Monasterio**** y Mario D. Santella Q.*******

*Investigadores. INIA-Portuguesa. Venezuela. E-mail: pgarcia@inia.gob.ve; pejoga@cantv.net.
**Investigador. INIA. Estación Experimental Valle de la Pascua. Estado Guárico. ***Investigador INIA-CENIAP. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. ****Investigador INIA-Yaracuy. San Felipe, estado Yaracuy. Venezuela.
*****Investigador INIA-Monagas. Maturín, estado Monagas. Venezuela.

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio fue determinar la estabilidad del rendimiento y el potencial agronómico de 9 cultivares de maíz, *Zea mays* L., de endospermo normal y un QPM, evaluados en los principales estados productores de Venezuela, utilizando el modelo de efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas (AMMI). Las evaluaciones se hicieron en 8 localidades del país, en el ciclo de lluvias de 2002. Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. La unidad experimental consistió de 2 hileras de 5 m de largo, separadas a 0,70 y 0,20 m entre planta. El análisis combinado se efectuó sobre el rendimiento (kg ha^{-1}), considerando un modelo mixto. Una vez detectada la interacción genotipo por ambiente (IGA), se procedió a estimar los parámetros de estabilidad del modelo. El comportamiento agronómico fue evaluado a través de 10 caracteres de planta y de mazorca. Los híbridos Portuguesa-2002, P-30R92 y Portuguesa-2012 resultaron con los rendimientos más altos y mayor consistencia a través de los ambientes. El híbrido INIA-QPM-2 presentó alto potencial de rendimiento y excelentes bondades agronómicas, por lo que puede competir favorablemente con otros híbridos presentes en el mercado nacional de semillas. El potencial productivo y agronómico observado en Turén-2000, sugieren que la misma puede representar una alternativa de producción, principalmente para pequeños y medianos productores del país. El rendimiento de grano no presentó efectos importantes de correlación fenotípica con el resto de caracteres agronómicos estudiados.

Palabras Clave: Maíz; *Zea mays* L.; análisis de estabilidad; modelo AMMI; cultivares.

SUMMARY

The main goal of this study was to determine the yield stability of nine maize, *Zea mays* L., cultivars, both normal and QPM endosperm, evaluated at the main states corn producers of Venezuela, using the additive main effects and multiplicative interactions (AMMI) model. The trials were conducted at 8 locations of Venezuela, during the 2002 rainy season. A randomized complete block design with 4 replications was used. The plot was 2 rows 5.0 m long, 0.70 m between rows and 0.20 m within plants. A combined analysis of variance was performed for yield (kg ha^{-1}) considering a mixed model. When a genotype by environment interaction (GEI) was detected, the stability parameters of the AMMI model were estimated. Ten character, both plant and ear, were used to evaluate the agronomic performance of cultivars. Portuguesa-2002, P-30R92 and Portuguesa-2012 were the hybrids with higher yields and high stability through the locations. The INIA QPM-2 hybrid got high yield and outstanding agronomic performance, which means that it can compete with other hybrids commercialized in the national seed market. The both, productive and agronomic potential observed at the Turén-2000 varieties suggest that it can be an alternative of corn production, mainly for small and intermediate country's farmer. Grain yield did not show important phenotypic correlation effects with others agronomics character studied.

Key Word: Corn; *Zea mays* L.; stability analysis; AMMI model; cultivars.

RECIBIDO: abril 25, 2009

ACEPTADO: agosto 07, 2009

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, el maíz, *Zea mays* L., es un cultivo de alto valor estratégico, debido a su distribución geográfica, al papel que desempeña en la alimentación humana y animal, al constituir una de las principales fuentes de carbohidratos y proteínas, que de acuerdo a cifras de la FAO (2004) aporta alrededor del 23% de las calorías en la dieta del venezolano, representando alrededor del 12% de la producción del sub-sector agrícola vegetal, 10% del sector agrícola nacional y un poco más del 55% de la producción de cereales en el ámbito nacional.

La producción es fundamentalmente de maíz blanco, destinado en un 80% a la fabricación de harinas precocidas y el 20% restante al consumo fresco y las empresas que procesan maíz "pilado" (Cabrera y García, 1999).

A pesar de que el maíz se cultiva en casi todo el país, la producción nacional está concentrada principalmente en la región de los Llanos Occidentales (estados Portuguesa, Barinas y parte de Cojedes) con un 50%, Llanos Centrales (estado Guárico) con un 27% y el Valle Medio del Río Yaracuy (estado Yaracuy) con un 6%, lo que significa que más del 80% de la producción de maíz en Venezuela está concentrada en 3 áreas agroecológicas bien definidas, donde se pueden caracterizar los sistemas de producción utilizados por los productores, y utilizando ese basamento, logra evaluar las causas que han determinado su evolución y funcionamiento (Cabrera y García, 2003).

Más del 95% de la superficie de maíz en Venezuela se realiza basados en la utilización de híbridos, aunque en los últimos años se ha observado un aumento de la demanda de variedades de libre polinización, mediante algunos programas impulsados por el gobierno nacional destinados a pequeños productores.

Los altos costos de producción obligan al productor a lograr rentabilidad en el cultivo a través de una mayor productividad, por lo que éstos demandan cultivares que tengan alto potencial genético de rendimiento y muestren adaptabilidad a las condiciones ambientales donde será explotado comercialmente el cultivo. En consecuencia, el éxito de cualquier genotipo depende no sólo de su buen comportamiento con relación al rendimiento y a la tolerancia que muestre a las principales plagas, sino además, del desempeño que muestre en los diferentes ambientes donde sea probado. En este sentido, Córdova (1991) refiere que los programas de mejoramiento genético, nacionales e internacionales, necesitan contemplar dentro de sus objetivos básicos, la producción de cultivares de maíz con alto potencial de rendimiento, características agronómicas deseables y que respondan bien tanto a ambientes ecológicos favorables como marginales. Esto implica, la necesidad de contemplar en las etapas avanzadas del programa, la evaluación de los genotipos a través de múltiples ambientes, para poder seleccionar los de comportamiento superior. No obstante, Epinat-le *et al*. (2001) refiere que la selección de los genotipos superiores y estables se dificulta, debido a la respuesta genotípica diferencial a condiciones ambientes variables.

Por su parte, Becker (1981) propuso 2 conceptos para la estabilidad fenotípica; el biológico, cuyo ideal es el genotipo de mínima variancia a través de los ambientes, mostrando por ende un rendimiento constante en cualquier condición de producción y agronómico, que representa una mínima interacción genotipo ambiente, asociado a la pretensión de obtener un incremento del rendimiento en respuesta a mejoras ambientales. Desde el punto de vista de la producción agrícola, el concepto de estabilidad agronómica es el que más interesa.

Diversas metodologías han sido empleadas para el estudio de la estabilidad de cultivares en diversos cultivos (Freire *et al*., 2005; González *et al*., 2007; Sobreira *et al*., 2007; Bahrami *et al*., 2008; Cargnelutti *et al*., 2008). Dentro de éstas, el modelo de efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas (AMMI), ha sido considerado más eficientes que los modelos convencionales de efectos fijos Zobel *et al*. (1988), debido a diversos atributos, que incluyen: (I) parsimonia, dado que el modelo contiene relativamente pocos de los grados de libertad de la interacción, (II) efectividad, debido a que contiene la mayor parte de la suma de cuadrados de la interacción, con un residual que posee la mayor parte de los grados de libertad, pero con pequeña suma de cuadrados, lo que le proporciona una predicción estadística más precisa y eficiente (Ebdon y Gauch, 2002).

Adicionalmente, Gauch *et al*. (2008) consideran que la razón principal por la cual el modelo AMMI se considera apropiado para la investigación agrícola es que la parte del ANOVA de este modelo permite separar los efectos principales de genotipos y ambientes de los efectos de la interacción con relativa facilidad y adicionalmente, la parte relativa a los componentes principales permite separar la mayor proporción de la variación debida la IGA en los primeros CP's, mientras descarta la proporción de la variación debida al error en los últimos CP`s.

De acuerdo a Gauch y Zobel (1996), 2 repeticiones con AMMI son más precisas que 3 a 6 repeticiones sin AMMI. El modelo fue propuesto originalmente por Gollob (1968), quien comparte el mérito con Zobel *et al*. (1988), los cuales acuñaron el término AMMI. Hasta la fecha, el modelo ha pasado por una serie de adecuaciones, hasta llegar a lo que hoy se conoce como gráfica GE. El procedimiento AMMI combina las técnicas del análisis de varianza (ANOVA) y el análisis de CPs en un sólo modelo, donde el ANOVA permite estudiar los efectos principales de genotipos y ambientes, mientras que la interacción es tratada de forma multivariada a través del análisis de los CP (De León *et al*., 2005; Alejos *et al*., 2006).

Con los resultados obtenidos en el modelo, es posible generar un gráfico de doble representación denominado "biplot", que tiene la particularidad de ser muy descriptivo para explicar los patrones de respuesta de los efectos principales y de la interacción (Zobel *et al*., 1988; Crossa, 1990; Crossa *et al*., 1991). Esta denominación obedece a que en la figura se clasifican los puntos en dos categorías, como por ejemplo, genotipos y ambientes (De León *et al*., 2005).

El objetivo principal del presente estudio fue determinar la estabilidad del rendimiento, mediante la utilización del modelo de efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas (AMMI) y evaluar el comportamiento agronómico de 9 cultivares de maíz de endospermo normal y QPM, evaluados en 8 ambientes ubicados en las principales zonas productoras del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo estuvo constituido por 7 potenciales cultivares más 2 testigos (Cuadro 1). Los potenciales cultivares lo integraron 5 híbridos de la serie Portuguesa y la Turen-2000, de endospermo normal, más el híbrido de alta calidad proteica INIA-QPM-2. Los híbridos Cargill-114 y Pioneer-30R92 fueron utilizados como testigos comerciales. Las evaluaciones se llevaron en 8 localidades, ubicadas en los principales estados y municipios productores de maíz en el país, en el ciclo de lluvias de 2002 (Cuadro 2). Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. La unidad experimental consistió de 2 hileras de 5 m. de largo, separadas a 0,70 y 0,20 m entre plantas. Se establecieron 2 semillas por punto de siembra y luego se efectuó un raleo aproximadamente a los 20 d de edad del cultivo, dejando sólo una planta por punto de siembra, lo que representó una densidad de población establecida de aproximadamente 71 500 plantas por hectáreas.

CUADRO 1. Cultivares de maíz blanco evaluados en 8 localidades de Venezuela en el ciclo de lluvias de 2002.

Entrada	Cultivar	Descripción
1	PORTUGUESA - 2002	Híbrido de tres líneas de endosperma normal
2	PORTUGUESA - 2004	Híbrido simple de endosperma normal
3	PORTUGUESA - 2012	Híbrido de tres líneas de endosperma normal
4	PORTUGUESA - 2010	Híbrido de tres líneas de endosperma normal
5	PORTUGUESA - 2008	Híbrido de tres líneas de endosperma normal
6	TURÉN - 2000	Variedad de libre polinización de endosperma normal, originada de la población Suwan-9222, (Mezcla Tropical Blanca) del CIMMYT.
7	CARGILL - 114	Testigo comercial
8	PIONEER - 30R92	Testigo comercial
9	INIA - HQPM-2	Híbrido de tres líneas de alta calidad de proteína

CUADRO 2. Localidades, fechas de siembra y ubicación política y geográfica de los ensayos.

Localidades	Fecha de siembra	Estado	Municipio	Latitud (N)	Longitud (W)	m.s.n.m.
1. Agua Blanca	04 /06 /02	Portuguesa	Agua Blanca	09º 32'	69º 6'	196
2. Sabana del Medio	24 /05 /02	Portuguesa	Araure	09º 37'	69º 13'	200
3. Colonia de Turén	28 /05 /02	Portuguesa	Turén	09º 16'	69º 5'	275
4. Las Caramas	05 /06 /02	Portuguesa	Turén	09º 11'	68º 38'	80
5. El Socorro	20 /06 /02	Guárico	El Socorro	09º 00' 37''	65º 37' 17''	165
6. Punta Gorda	30 /05 /02	Barinas	Barinas	08º 32' 43''	70º 08' 32''	180
7. Marfilar	12 /06 /02	Portuguesa	Guanare	08º 55'	69º 41'	130
8. Yaritagua	07 /06 /02	Yaracuy	Peña	10º 04'	69º 07'	375

Diferentes caracteres de planta y de mazorca fueron medidos en cada localidad, lo cual permitió evaluar el comportamiento agronómico de los cultivares: días a floración masculina y femenina (FM y FF, respectivamente) registrados como el número de días trascurridos entre la siembra y el momento cuando el 50% de las plantas en cada unidad experimental presentaron antesis o estigmas de 2 a 3 cm de largo, respectivamente:

- Altura de planta (AP) como la longitud (en cm) desde el nivel del suelo hasta el nudo de inserción de la hoja bandera;
- Altura de mazorca (AM) la longitud (en cm) desde el nivel del suelo hasta el nudo de inserción de la mazorca más alta, utilizando la misma planta en que se midió la AP;
- Acame de raíz y de tallo (AcR y AcT, respectivamente), registrados como el porcentaje de plantas que al momento de la cosecha presentaron una inclinación superior a 30° respecto a la perpendicular en la base de la planta o tallos rotos por debajo de la mazorca más alta, respectivamente;
- Cobertura de mazorca (CM), fue el porcentaje de mazorcas con alguna porción de la mazorca expuesta;
- Mazorcas dañadas (MD) basado en porcentaje de mazorcas con granos visiblemente dañados. Para medir la textura de grano (TG) se consideró una escala de 1 a 5, donde 1 representó granos duros o cristalinos, 2 granos semiduros, 3 semidentados, 4 dentados y 5 harinosos.
- El rendimiento de grano (RG) fue estimado en función del peso de grano registrado en cada unidad experimental, expresado en kg ha^{-1}, ajustado a 12% de humedad.

Todos los ensayos fueron sembrados y cosechados en forma manual. El manejo agronómico estuvo acorde con las recomendaciones técnicas sugeridas para el cultivo en cada región.

Análisis estadísticos

Los análisis de varianza individuales y combinado fueron realizados basados en la media de cada unidad experimental, utilizando el procedimiento GLM del SAS (SAS Institute, 2002). En la derivación de los cuadrados medios esperados y para la realización de las pruebas de F, los cultivares se consideraron efectos fijos, mientras que las repeticiones, localidades y las interacciones con localidades fueron consideradas efectos aleatorios. Previo a la realización del ANOVA se comprobaron los supuestos básicos, conforme a Steel y Torrie (1988).

El análisis combinado se efectuó sobre el rendimiento de grano a 12% de humedad expresado en kg ha^{-1}, en 8 localidades, considerando un modelo mixto. Para estudiar el grado de asociaciones entre el rendimiento y características agronómicas de baja heredabilidad, como mala cobertura y pudrición de mazorca, se estimaron coeficientes de correlación simple, utilizando los valores medios de cada localidad. Para este análisis, las variables CM y MD fueron transformadas por Ln (X+0,5), mientras que AcR y AcT por Raíz cuadrada (X+0,5), para cumplir con los supuestos de normalidad y aditi-

vidad. Se realizaron contrastes ortogonales para realizar comparaciones entre la media del rendimiento de los cultivares experimentales con la observada en los testigos comerciales.

Análisis de estabilidad

Una vez detectada la presencia de la interacción genotipo por ambiente (IGA), se procedió a estimar los parámetros de estabilidad de los materiales mediante el modelo AMMI, conforme a Gauch y Zobel (1989) y Crossa (1990) y basados en los procedimientos establecidos por Vargas y Crossa (2000), cuando se utiliza toda la información referente a cada ambiente, genotipo y repetición, de acuerdo al siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + a_j + \sum_{K=1}^{n} \lambda_k \gamma_{ik} \alpha_{jk} + \rho_{ij} + \xi_{ij}$$

Donde: Yij representa la media del i-ésimo genotipo en el j-ésimo ambiente; μm es la media general; gi y aj son los efectos del i-ésimo genotipo y j-ésimo ambiente, respectivamente; n es el número de componentes principales (CP) retenidos en el modelo; λ_k es el valor singular para cada CP; γ_{ik} son valores de los vectores de los genotipos para cada CP; α_{jk} son los valores de los vectores de los ambientes para cada CP; ρ_{ij} es el residual de la interacción IGA y εij es el error experimental medio.

Para cada genotipo y ambiente, fueron obtenidos los escores genotípicos y ambientales por medio del procedimiento PROC IML del SAS (SAS Institute, 2002). Adicionalmente, la significancia de cada CP fue medida mediante una prueba de F aproximada al nivel 0,05 de probabilidad, comparando el cuadrado medio de cada CP, con el cuadrado medio del error experimental, conforme a Crossa *et al*. (1990). El número de ejes posibles (CP) que el modelo puede retener en AMMI es el mínimo (G-1; E-1). Aquellos ejes que resultaron no significativos se incluyeron en el residual. Los valores del CP1 y el rendimiento medio de genotipos/ambientes fueron utilizados para construir el gráfico de doble representación "Biplot".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estabilidad del rendimiento de grano

El análisis de varianza combinado, para rendimiento de grano indicó que tanto los efectos principales como el de la interacción genotipo por ambiente (IGA) resultaron altamente significativos (Cuadro 3). Estas deducciones sugieren que el comportamiento de los genotipos estudiados, medido a través del rendimiento de grano, varió en función de la condición ambiental presente en cada localidad.

CUADRO 3. Análisis de varianza para los efectos lineales y multiplicativos según el modelo AMMI en 9 cultivares de maíz evaluados en 8 ambientes de Venezuela, ciclo de lluvias de 2002.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	Suma de cuadrados AMMI (%)	Acumulado (%)
Localidad (Lac)	7	69,77**		
Repetición /Loc	24	1,92**		
Genotipos (G)	8	14,63**		
G x Loc	56	1,68**		
PCA 1	14	4,07 **	60,61	60,61
PCA 2	12	1,75**	22,29	82,90
Residual	30	0,53	17,10	100,00
Error	192	0,57		
Total	287			

** Indica diferencias significativas al 1%.

Los 2 primeros ejes (CP) resultaron altamente significativos y entre ambos explicaron cerca del 83% de la varianza observada en el rendimiento de grano. Considerando sólo el primer eje, el modelo explicó el 77,47% de la varianza observada en los datos con 29 grados de libertad (Genotipos + ambientes + CP1) y el CPA1 explicó alrededor del 61% de la IGA.

En este caso, una alta proporción de la variación correspondiente a la IGA fue explicada por el modelo AMMI-1, con sólo el 25% de los grados de libertad de la interacción y el residual sólo representó el 17% de la IGA, proporción esta que no resultó estadísticamente importante (P£0,05), lo que demuestra que el modelo fue apropiado para explicar la interacción genotipo ambiente.

De la misma manera, Crossa *et al*. (1990), Cabrera *et al*. (2001), Medina *et al*. (2002), San Vicente *et al*. (2005), entre otros, realizaron una interpretación similar de los resultados del anavar del modelo AMMI. Estos resultados son similares a los obtenidos en estudios previos realizados en el país (Cabrera *et al*., 1997, Cabrera *et al*., 2001, Medina *et al*., 2002), pero difieren de lo observado por San Vicente *et al*. (2005), quienes evaluaron la estabilidad del rendimiento y el potencial agronómico de híbridos de alta calidad de proteína (QPM) en 18 localidades de Venezuela y encontraron que el CP1 explicó el 35% de la interacción. Ellos atribuyeron la falta de correspondencia a lo observado en trabajos previos, a la complejidad del carácter y a la diversidad de genotipos y localidades incluidas en los estudios.

Por otro lado, Alejos *et al*. (2006), evaluando 16 genotipos en 6 ambientes de Venezuela, encontraron que entre el CP1 y CP2 explicaron sólo 64% de la variación debida a la IGA; no obstante, el 36% restante de la variación resultó no significativa, por lo que concluyen que el modelo AMMI resultó apropiado para explicar la interacción.

Adicionalmente, Córdova (1991), evaluó 36 cultivares de maíz en 14 localidades de Centro América, Panamá y México y encontró que el CP1 capturó alrededor del 50% de la suma de cuadrados de la interacción, indicando, con ello que el CP1 tuvo valores con capacidad de predicción importantes, mientras que Crossa *et al*. (1990), encontraron que el CP1 explicó más de la mitad de la suma de cuadrados de la IGA con sólo el 8,9% de los grados de libertad de la interacción, resultando el residual sin valor para la predicción de la IGA.

Los híbridos Portuguesa-2002, P-30R92 y Portuguesa-2012, resultaron con los rendimientos más altos y mayor consistencia en las diversas localidades. De igual manera, el híbrido INIA-QPM-2 y la variedad Turén-2000, mostraron rendimientos superiores a la media general, pero la mejor respuesta fue observada en las localidades Agua Blanca y Marfilar (Ver Figura). El híbrido INIA-QPM-2 fue incluido en el estudio realizado por San Vicente *et al*. (2005), donde resultó uno de los cultivares más sobresalientes.

Los híbridos Portuguesa-2008 y Portuguesa-2010 también resultaron con valores CP1 cercanos a cero, lo que permite clasificarlos como estables; no obstante los niveles medios de productividad estuvieron por debajo de la media general.

Resultados similares fueron observados por Cabrera *et al*. (2001) y San Vicente *et al*. (2005), quienes utilizando el modelo AMMI para apreciar la estabilidad del rendimiento de diversos cultivares de maíz valorados en varias localidades del país, encontraron que varios de los híbridos que mostraron consistencia a través de los ambientes de evaluación, presentaron rendimientos inferiores a la media general.

Este tipo de estabilidad mostrada por los híbridos Portuguesa-2008 y Portuguesa-2009, la cual Becker (1981) clasificó como biológica, es poco útil en la agricultura, puesto que los productores demandan cultivares que presenten rendimientos consistentes a través de los ambientes, pero que a la vez respondan favorablemente a las mejoras ambientales (estabilidad agronómica), es decir, cultivares que expresen mejores niveles de productividad bajo cualquier condición ambiental.

De acuerdo a los valores AMMI, las localidades Las Caramas, El Socorro, Marfilar y la Colonia Agrícola de Turén presentaron menor interacción con los cultivares, considerándose ambientes neutrales.

Por otro lado, las localidades Agua Blanca, Punta Gorda, Sabana del Medio y Yaritagua resultaron ambientes con mejores condiciones para discriminar a los genotipos, al presentar los mayores valores AMMI, lo que sugiere que se pueden considerar ambientes claves para futuros estudios.

Estos resultados difieren, en parte, de lo observado por San Vicente *et al*. (2005), quienes incluyeron en su estudio la mayoría de las localidades utilizadas en este trabajo.

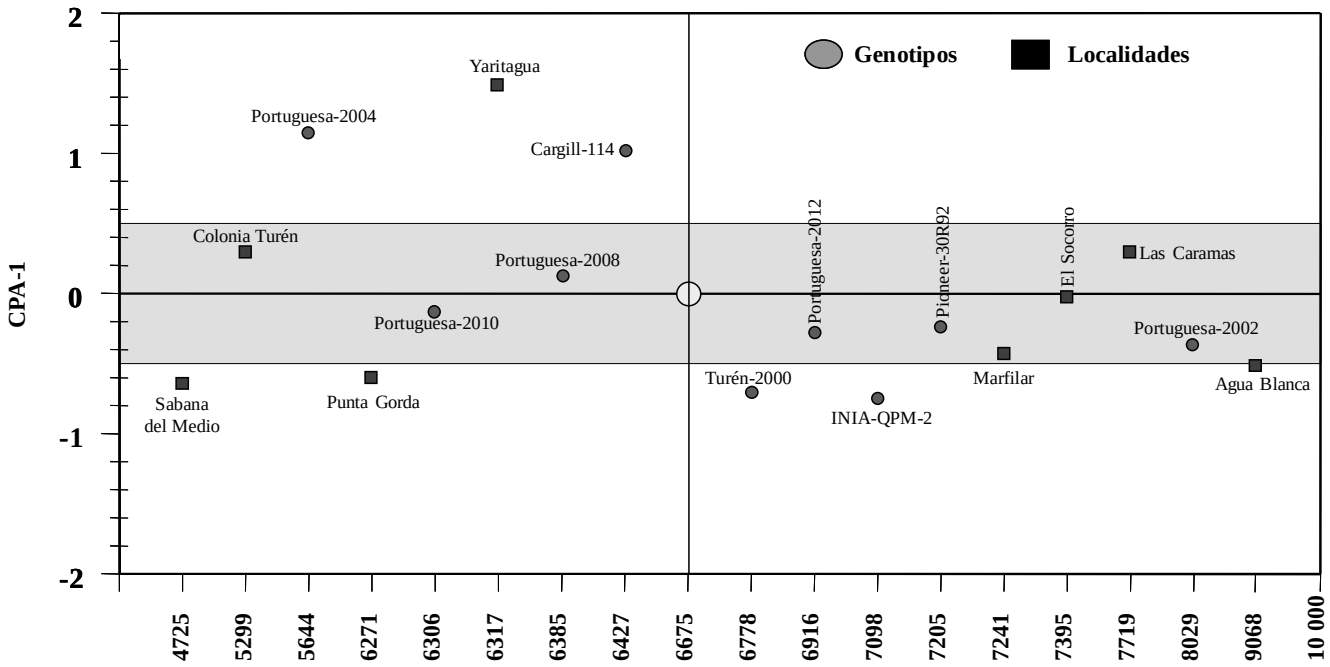


FIGURA. Representación gráfica de la estabilidad del rendimiento de 9 cultivares de maíz evaluado en ocho ambientes durante el ciclo de lluvias de 2002.

Por ejemplo, las localidades El Socorro, Colonia Agrícola de Turén y Marfilar (denominada San Nicolás por San Vicente *et al*., 2005), fueron clasificadas por San Vicente *et al*. (2005) como ambientes con buena capacidad discriminatoria de los genotipos. Lo contrario fue observado con la localidad Punta Gorda, mientras que hubo coincidencia con lo observado en las localidades Agua Blanca, Sabana del Medio y Yaritagua. Esta falta de correspondencia en alguno de los ambientes puede atribuirse a la variación ambiental que se presenta a través del tiempo y demuestra la importancia de realizar estas pruebas a través del espacio y tiempo.

En otras palabras, el que se use una misma localidad en diferentes años o incluso en diferentes épocas de un mismo año, no implica que se esté utilizando el mismo ambiente de evaluación, puesto que aún cuando las condiciones edáficas puedan ser las mismas de un año para otro, las diferencias climáticas entre años o épocas pueden ser relevantes.

Comportamiento agronómico

De los cultivares que presentaron rendimientos superiores a la media general, solamente el híbrido Portuguesa-2002 (8029 kg ha^{-1}) fue superior al mejor de los cultivares testigos, el híbrido Pioneer-30R92, que mostró una productividad promedio de 7205 kg ha^{-1} (Cuadro 4). Especial atención merece el híbrido INIA-QPM-2, primer híbrido de alta calidad de proteína en el grano producido en Venezuela, y la variedad Turén-2000, un cultivar de libre polinización originado de la población Suwan-9222 del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), ambos cultivares liberados para la producción comercial de semilla en Venezuela. El primer citado resultó entre los de mayor potencial de rendimiento, al ser evaluado por San Vicente *et al*. (2005) en 18 localidades de Venezuela.

De este modo, la variedad Turén-2000 presentó un promedio de rendimiento (6778 kg ha^{-1}) estadísticamente igual al promedio mostrado por los cultivares utilizados como testigos (6816 kg ha^{-1}) y superó en productividad a cerca del 50% de los híbridos probados. Medina *et al*. (2002) encontraron que algunas de las variedades evaluadas superaron en rendimiento a los híbridos comerciales utilizados como testigos.

El híbrido Portuguesa-2002, además de mostrar consistencia en el rendimiento de grano, también presentó excelente comportamiento agronómico, caracterizado por una adecuada sincronía floral, adecuada textura de

grano, buena cobertura de mazorca, con bajos niveles de mazorcas dañadas, buen desarrollo radical y calidad de tallo, siendo este comportamiento similar al observado en los cultivares testigos (Cuadro 5). Agronómicamente, el híbrido INIA-QPM-2 también se destacó, mostrando buena sincronía floral, con posición de mazorca alrededor de la mitad de la planta, bajos porcentajes de mazorcas descubiertas y de daños en los granos, bajos niveles de acame de raíz, tallo y adecuada textura de grano, lo cual lo hace un cultivar apropiado para el mercado venezolano. Resultados similares fueron observados por San Vicente *et al*. (2005) en este híbrido.

La Turén-2000 también mostró un adecuado comportamiento agronómico, excepto en la posición de la primera mazorca, la cual estuvo influyendo encima de la mitad de la planta, influyendo en el mayor nivel de acamamento de raíz, que se ubicó cerca de 14% (Cuadro 5). No obstante, es un cultivar que puede recomendarse para la explotación comercial del cultivo, sobre todo para pequeños y medianos productores, quienes pueden disponer de un material con alto potencial de rendimiento, buenas bondades agronómicas en general y a un menor costo, comparado con el de los híbridos.

Los coeficientes de correlaciones simples estimados en el análisis combinado indicaron que el rendimiento de grano sólo presentó niveles de asociación estadísticamente importantes con AM y AP, siendo la magnitud de esta asociación relativamente baja, con coeficientes de 0,34 y 0,28, respectivamente (Cuadro 6). Estos resultados difieren de los encontrados por Córdova (1991), quien determinó magnitudes importantes de asociación negativa entre el rendimiento de grano vs. caracteres de importancia agronómica, tales como mazorcas dañadas y acame de planta. Los valores más altos de correlación fueron observados entre los caracteres AM y AP (r=0,98), CM *vs*. AM y AP, con coeficientes de 0,59 y 0,63, respectivamente, y entre MD y CM, que mostraron un coeficiente de 0,61.

CUADRO 4. Rendimiento promedio de cultivares de maíz normales y QMP evaluados en 8 ambientes de Venezuela, ciclo de lluvias de 2002.

		Portuguesa				Barinas	Guárico	Yaracuy		
Entrada	**Cultivar**	**Agua Blanca**	**Colonia de Turén**	**Las Caramas**	**Sabana del Medio**	**Marfilar**	**Punta Gorda**	**El Socorro**	**Yaritagua**	**Combinado**	**Relación al promedio de testigos**
1	Portuguesa-2002	10 832	6 229	9 431	6 106	8 870	7 205	8 555	7 006	8 029	118
2	Portuguesa-2004	7 334	4 885	7 059	3 263	4 778	4 370	6 671	6 794	5 644	83
3	Portuguesa-2012	9 317	5 831	7 647	4 902	6 949	6 751	8 103	5 830	6 916	101
4	Portuguesa-2010	8 923	4 712	7 458	4 031	6 625	5 825	7 373	5 505	6 307	93
5	Portuguesa-2008	8 006	5 271	7 638	4 627	6 945	5 374	7 491	5 731	6 385	94
6	Turén-2000	9 881	5 130	7 317	5 234	7 849	6 621	6 663	5 528	6 778	99
7	Cargill-114	8 479	4 894	7 513	3 251	7 341	5 561	6 323	8 055	6 427	94
8	Pioneer-30R92	9 051	5 521	7 627	5 559	8 131	7 450	7 522	6 780	7 205	106
9	INIA-QPM-2	9 791	5 217	7 781	5 553	7 680	7 284	7 855	5 621	7 098	104
Promedio testigos		**9 107**	**5 211**	**7 640**	**4 787**	**7 717**	**6 765**	**7 234**	**6 819**	**6 816**	**100**
	Media general	**9 068**	**5 299**	**7 719**	**4 725**	**7 241**	**6 271**	**7 395**	**6 317**	**6 754**	**99**
	LSD	**907**	**1 018**	**1 093**	**1 063**	**1 115**	**1 001**	**1 376**	**1 203**	**373**	
	CV (%)	**6,9**	**13,2**	**9,7**	**15,4**	**10,6**	**10,9**	**12,8**	**13,1**	**11,2**	

CUADRO 5. Valores promedios de 9 caracteres agronómicos evaluados en cultivares de maíz en 8 ambientes de Venezuela, ciclo de lluvias de 2002.

Cultivar	Floración masculina (días)	Floración femenina (días)	Altura de planta (cm)	Altura de mazorca (cm)	Textura de grano (1-5)	Cobertura de mazorca (%)	Mazorcas dañadas (%)	Acame de raíz (%)	Acame de tallo (%)
Portuguesa-2002	55	56	215	117	2,6	2,00	3,78	6,77	7,40
Portuguesa-2004	56	57	205	100	3,6	10,32	29,70	1,84	2,37
Portuguesa-2012	55	56	215	115	2,0	2,54	7,09	4,52	4,89
Portuguesa-2010	55	56	212	112	2,3	2,71	8,79	6,46	4,63
Portuguesa-2008	55	56	218	116	2,0	3,07	6,28	6,28	5,01
Turén-2000	54	55	214	120	2,9	1,68	4,47	13,67	6,29
Cargill-114	54	55	190	99	2,3	1,18	5,49	4,32	5,87
Pioneer-30R92	55	56	212	119	1,8	4,54	5,34	7,61	2,78
INIA-QPM-2	55	56	217	110	1,9	1,29	4,69	4,90	7,15
Media	**55**	**56**	**211**	**112**	**2,38**	**3,26**	**8,40**	**6,26**	**5,15**
Promedio testigos	**54**	**55**	**201**	**109**	**2,04**	**2,86**	**5,41**	**5,96**	**4,32**
LSD	**0,70**	**0,86**	**8,99**	**6,38**					
CV (%)	**1,40**	**1,69**	**5,43**	**7,26**					

CUADRO 6. Correlación lineal simple entre caracteres agronómicos estimados en el análisis combinado en ambientes en el ciclo de lluvias de 2002.

Variable	Floración femenina	Floración masculina	Altura de mazorca	Altura de planta	Cobertura de mazorca	Mazorcas dañadas	Acame de raíz	Acame de tallo
Floración masculina	0,50**							
Altura de mazorca	0,02	-0,34**						
Altura de planta	-0,03	-0,38**	0,98**					
Cobertura de mazorca	0,06	-0,46**	0,59**	0,63**				
Mazorcas dañadas	0,37**	-0,15	0,27*	0,30*	0,61**			
Acame de raíz	-0,34**	-0,27**	-0,42**	-0,44**	-0,34**	-0,31**		
Acame de tallo	-0,32**	-0,48**	-0,18	-0,14	-0,02	-0,15	0,46**	
Rendimiento	-0,03	-0,17	0,34**	0,28*	-0,12	-0,19	-0,05	0,04

* y ** Indican correlaciones significativas a 1% y 5%, respectivamente.

De acuerdo a Falconer (1990), la correlación fenotípica entre caracteres puede ser de origen genético y ambiental. La pleiotropía es la principal causa genética de la correlación entre caracteres, aunque el ligamiento es una causa de correlación temporaria. El grado de correlación que se produce por la pleiotropía expresa el grado en el cual 2 caracteres están influidos por los mismos genes.

En este sentido, los grados de asociación encontrados entre los caracteres AP *vs*. AM y CM *vs*. AP y AM pueden estar determinadas principalmente por causas genéticas, mientras que la correlación observada entre MD *vs*. CM, puede estar más influenciada por factores ambientales, ya que es de esperarse que cultivares que presenten mayor porcentaje de mazorcas con puntas descubiertas sean más vulnerables al ataque de patógenos que causan pudrición de los granos; de allí la importancia de seleccionar genotipos que presenten buena cobertura de mazorca, como la observada en los híbridos Portuguesa-2002, INIA-QPM-2 y la Turén-2000, entre otros.

CONCLUSIONES

- El análisis AMMI es una metodología de fácil interpretación y apropiada para los estudios de estabilidad.
- Los híbridos Portuguesa-2002, P-30R92 y Portuguesa-2012, resultaron con los rendimientos más altos y mayor consistencia en las diversas localidades, por lo que podrían recomendarse ampliamente para las diferentes zonas productoras del país.
- La Turén-2000 mostró un elevado potencial de rendimiento y en general un adecuado comportamiento agronómico, lo cual permite su recomendación como cultivar comercial, sobre todo para pequeños y medianos productores del país.

BIBLIOGRAFÍA

Alejos, G., P. Monasterio y R. Rea. 2006. Análisis de la interacción genotipo ambiente para rendimiento de maíz en la región maicera del estado Yaracuy, Venezuela. Agronomía Trop. 56(3):369-384.

Bahrami S., B. M. Reza, M. Salari, M. Soluki, A.Ghanbari, S. A.Vahabi and A. Kazemipour. 2008. Yield stability analysis in Hulless Barley (*Hordeum vulgare* L.). Asian Jour. Of Plant Sci. 7(6):589-593.

Becker, H. C. 1981. Correlations among some statistical measures of phenotypic stability. Euphytica 30:835-840.

Cabrera, S, P. García, F. Morillo y C. Sánchez. 2001. Estabilidad del rendimiento de híbridos blancos de maíz (*Zea mays* L,) en diferentes zonas agroecológicas de Venezuela, Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología, 19:182-198.

Cabrera, S. R., y P. García. 1999. El Cultivo de Maíz en Venezuela. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Portuguesa (CIAEP). 15 p.

Cabrera, S. y P. García. 2003. Evolución del cultivo del Maíz en Venezuela. **In:** IX Curso sobre producción de maíz. Cabrera S. (Ed.). INIA, ASOPORTUGUESA. Araure, Portuguesa. Pp. 54-67.

Cabrera, S., C. Marín, P. Romero, L. Hernández, F. Morillo y C. Sánchez. 1997. Análisis de estabilidad del rendimiento en híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en zonas productoras de los estados Portuguesa y Barinas. Revista Científica de la Fundación para la Investigación Agrícola DANAC. http://www.danac.org.ve.

Cargnelutti, F. A., L. Storck, L. S. Riboldi y J. P. Guadagnin. 2008. Association between adaptability and stability methods in corn. Cienc. Rural [En línea]. [Consultado el 21 /02 /2009]. Disponible en: http://www.scielo.br/pdf/cr/2008nahead/a80cr570.pdf.

Córdova, H. 1991. Estimación de parámetros de estabilidad para determinar la respuesta de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) ambientes contrastantes de Centro América, Panamá y México. Agro. Mesoamer. 2:01-10.

Crossa, J. 1990. Statistical analysis of multilocations trials, Academic Press, Advances in Agronomy, 44:55-85.

Crossa, J., H. G. Gauch Jr. and R. W. Zobel 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. Cro Sci. 30: 493-500.

Crossa, J., N. Fox, W. H. Pfeiffer, S. Rajaram and H. G. Gauch Jr. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. Theor. Appl. Genet.81:27-37.

De León, H., F. R. Sánchez, M. H. Reyes, D. S. Garduño, G. M. Zambrano, R. C. Cadenas y J. D. Cárdenas. 2005. Potencial de rendimiento y estabilidad de combinaciones germoplásmicas formadas entre grupos de maíz. Rev. Fit. Mex. 28(2):135-143.

Ebdon, J. S. and H. G. Gauch Jr. 2002. Additive Main Effect and Multiplicative Interaction Analysis of National Turfgrass Performance Trials: II. Cultivar Recommendations. Crop Sci. 42:497-506.

Epinat-Le Signor, C., S. Dousse, J. Lorgeou, J.-B. Denis, R. Bonhomme, P. Carolo and A. Charcosset. 2001. Interpretation of genotype x environment interaction for early maize hybrids over 12 years. Crop Sci. 41:663-669.

Falconer, D. S. 1990. Introducción a la genética cuantitativa. Tercera Impresión. Comp. Edit. Continental, S. A. De C. V. México D.F. 383 p.

Freire F., F. R., M. Maurisrael de, Q. R. Valdenire Â. C. Lopes de. 2005. Adaptabilidade e estabilidade produtiva de feijão-caupi. Ciência Rural, Santa Maria, 35(1):24-30.

Gauch, H. G., H. P. Piepho and P. Annicchiarico. 2008. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: Further considerations. Crop Sci. 48:866-889.

Gauch, H. G. Jr., and R. W. Zobel. 1989. Accuracy and selection success in yield trial analysis, Theoretical and Applied Genetics. 77:473-481.

Gauch, H. G. and R. Zobel. 1996. AMMI analysis of yield trials. **In:** M.S. Kang y H. G. Gauch. (eds.). Genotype-by-Environment interaction. CRC Press, Boca Ratón. pp. 85-122.

Gollob, H. F. 1968. A statistical model which combines features of factor analytic and analysis of variance techniques. Psychometrika 33:73-115.

González, T., E. Monteverde, C. Marín y P. M. Madriz. 2007. Comparación de tres métodos para es timar estabilidad del rendimiento en nueve variedades de algodón. Interciencia 32(5):344-348.

Medina, S., C. Marín, V. Segovia, A. Bejarano, Z. Venero, R. Ascanio y E. Meléndez. 2002. Evaluación de la estabilidad del rendimiento de variedades de maíz en siete localidades de Venezuela. Agronomía Trop. 52(3):255-275.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2004. FAO. Statistical Yearbook. 2004.

San Vicente, F., C. Marín y D. Díaz. 2005. Estabilidad del rendimiento y potencial agronómico de híbridos de maíz de alta calidad de proteína (QPM) en Venezuela. Agronomía Trop. 55(3):397-410.

SAS Institute. 2002. SAS/STAT 9 user's guide. SAS Inst., Cary, NC.

Sobreira H., E., F. F. Correia, R. Vencovsky e E. Curvêlo Freire. 2007. Estabilidade fenotípica de genótipos de algodoeiro no Estado do Mato Grosso. Pesq. Agropec. Bras. 42(5):695-698.

Steel, R. y J. Torrie 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2da edición, McGraw-Hill /Interamericana, México. 622 pp.

Vargas, H. M. y J. Crossa. 2000. El análisis ammi y la grafica del biplot en sas. CIMMYT, INT. Apdo. Postal 6-641 06600 México DF México. 42 p. Consultado el 011 /11 /2009). pp. 26-42. Disponible en: www.cimmyt.cgiar.org/biometrics.

Zobel, R. W., M. J. Wright and H. G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agron. J. 80:388-393.

CALIDAD DEL GRANO Y VARIABILIDAD GENÉTICA DE VARIEDADES Y LÍNEAS DE ARROZ DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS (INIA)[1]

GRAIN QUALITY OF RICE VARIETIES AND LINES FROM THE NATIONAL INSTITUTE FOR AGRICULTURAL RESEARCH (INIA)[1]

Iris Pérez-Almeida* y María A. Montoya Aramburu**

[1]Trabajo financiado por el subproyecto 2004000369, aprobado por el Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y la Tecnología (MPPCT) a través del organismo adscrito Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT).
* Investigadora III. INIA - CENIAP. E-mail: iperez@inia.gob.ve
** Ingeniero Agrónomo. INIA - CENIAP. E-mail: mmontoya@inia.gob.ve

RESUMEN

La calidad del grano de arroz, *Oryza sativa* L., considera aspectos molineros, culinarios, de apariencia y nutricionales. En este trabajo se realizó la caracterización morfológica y molecular de 16 materiales de arroz del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), con énfasis en calidad del grano, utilizando marcadores microsatélites (SSR). Los caracteres evaluados incluyeron longitud (L), ancho y espesor del grano, porcentaje de granos enteros (PGE), yesosos (GY), panza blanca (GPB) y el contenido aparente de amilosa. Por asociación de componentes principales se encontró que 3 factores explicaron 75% de la variación total. Los materiales utilizados en este ensayo presentaron grano fino largo, comportamiento intermedio en calidad molinera, mientras que su calidad culinaria, exceptuando 2 variedades de origen italiano, mostró una composición de amilosa mayor de 20%, acorde con lo exigido por el mercado nacional. Para analizar la variabilidad genética se utilizaron 48 microsatélites previamente asociados a caracteres de calidad del grano, encontrando que sólo 20 presentaron bandas polimórficas (porcentaje de loci polimórfico 40%) en estos materiales y detectando 43 alelos, con un número promedio de alelos por marcador de 2,26. A los datos moleculares se les realizó un análisis de correspondencia múltiple encontrando que los 3 primeros factores explicaron 70,6% de la variación total, y por análisis de conglomerados usando la distancia 1-Jaccard y encadenamiento promedio de Ward se obtuvo la formación de 4 grupos. Bajo las condiciones de este estudio no se demostró correlación entre las características cuantitativas de calidad de grano y los patrones alélicos obtenidos por SSR.

Palabras Clave: *Oryza sativa* L.; calidad culinaria; calidad molinera; marcadores microsatélites; variabilidad genética.

SUMMARY

Grain quality of rice takes into account milling, cooking, nutritional and appearance aspects. This work carried out the morphological and molecular characterization of 16 rice materials, with emphasis on grain quality, using microsatellite markers (SSR). Evaluated characters included length, width and thickness of the grain, percentage of whole grain, percentage of chalky grain, white belly and apparent amylose content. By principal components association we found that three factors explained 75% of the total variation. Materials used in this work showed long-grain, intermediate behavior regarding milling quality, while its cooking quality, except for two varieties of Italian origin, showed an amylose composition higher than 20%, in accordance with domestic market requirements. To analyze the genetic variability we used 48 microsatellites previously associated with characteristics of grain quality, finding that only 20 showed polymorphic bands (percentage of polymorphic loci 40%) in these materials, and detecting 43 alleles, with an average number of alleles per marker of 2.26. Molecular data was evaluated by a multiple correspondence analysis finding out that the first three factors explained 70.6% of the total variance, and by cluster analysis using 1-Jaccard distance and Ward average linkage, we obtained the formation of 4 groups. Under the conditions of this study we could not demonstrate correlation between quantitative characteristics of grain quality and allelic patterns achieved by SSR.

Key Words: *Oryza sativa* L.; cooking quality; milling quality; microsatellite markers; genetic variability.

RECIBIDO: febrero 09, 2009

ACEPTADO: julio 20, 2009

INTRODUCCIÓN

El arroz, *Oryza sativa* L., es cultivado bajo condiciones y sistemas de producción diferentes. Así mismo, los granos tienen diversas características en relación al tamaño, consistencia al cocinar, cualidades aromáticas y color de grano, desde castaño, rojo, púrpura, negro hasta el blanco tradicional (GRAMENE, 2007).

Los programas de investigación y mejoramiento del arroz no sólo deben incluir las evaluaciones tradicionales enfocadas a los componentes de rendimiento y caracteres morfológicos, es necesario tomar en cuenta la calidad para satisfacer los gustos del consumidor (Ilarraza, 2002), ya que el arroz es el único cereal que se consume como tal, sin más procesamiento que descascarado y pulido. La integridad del grano durante ese proceso determina la denominada calidad industrial; su comportamiento durante y después de la cocción caracteriza su calidad culinaria. La primera es universal y tiene su normalización, la segunda es absolutamente dependiente de los hábitos culturales (Livore, 2004).

En general, la calidad de un producto se define por el conjunto de atributos que lo caracterizan y que determinan el grado de aceptación del comprador. Esta definición refleja que es el usuario el que interpreta la mayor o menor calidad de un producto en función de sus características particulares, las preferencias del colectivo al que se dirija o el uso al que se destine. En el caso del arroz el control de calidad en el mercado debe empezar con la selección de las variedades a cultivar, que junto con un manejo cuidadoso, asegurarán una buena calidad del producto final. Por ello, es necesario conocer cuáles son las características de una variedad en aquellos atributos que caracterizan su calidad (León y Carreres, 2002).

Los determinantes de la calidad y apariencia del grano, de arroz incluyen caracteres tales como: el rendimiento en grano entero (GE), el porcentaje de granos yesosos (GY) y con centro blanco (CB), la longitud (L), el grosor y la forma del grano (estimada como relación entre L y grosor del grano) segú estudios realizados por Lanceras *et al*. (2000); Yan *et al*. (2003). En la apariencia del grano pulido (GP) participan decisivamente las dimensiones y forma del grano, las características de perlado y su blancura. La forma y tamaño del grano son características varietales que influyen en muchas fases del proceso, manejo y comercialización.

La medida de la L y la relación longitud-anchura (LA) del GP son base para la clasificación del tipo de grano (León y Carreres, 2002). Existen 4 tipos de GP (Livore, 2004) de acuerdo con sus dimensiones: el grano largo fino con L mayor a 6 mm y un ancho (A) menor a 2 mm; el grano largo ancho con L mayor de 6 mm y A mayor de 3 mm; el grano mediano posee un L entre 5-6 mm y un ancho entre 2,5-3 mm; el grano corto es aquel que posee L menor de 5mm y un A mayor de 2,5 mm también llamado grano redondo (Livore, 2004).

Las dimensiones del grano son atributos muy condicionados por la genética de la variedad, con escasa o nula influencia de las condiciones que acontecen durante su desarrollo, lo que reafirma su importancia como criterios de calidad (León y Carreres, 2002).

En sus trabajos, Martínez *et al*. (2002) indican que el tamaño del grano es altamente heredable en la mayoría de los ambientes, características que se fijan excepcionalmente temprano en las generaciones segregantes, la forma y la L se heredan de forma cuantitativa.

Otro carácter de importancia es el color del grano, que viene dado por la capa más externa de la cariópside, suele variar desde amarillo claro a negro. El color negro es generalmente un defecto, con excepción de algunos arroces de pericarpio rojo utilizados en la gastronomía europea (Chaudhary y Tran, 2001).

Algunos estudios señalan que es un carácter de herencia compleja y baja heredabilidad, con segregación transgresiva, interacciones epistásticas, posibles efectos maternos y dominancia (Tan *et al*., 2001). El color perlado es otra característica de importancia en lo que a calidad se refiere y se entiende como las zonas opacas del grano que pierden su cristalinidad por un mal empaquetamiento de los componentes celulares del endospermo (León y Carreres, 2002), como gránulos de almidón y proteína. Esto hace que el grano sea más frágil y se rompa con más facilidad que el grano cristalino con gránulos poliédricos y empaquetados apretados (Webb, 1991). Esta característica se conoce en Venezuela como grano panza blanca (GPB) y determina junto con otros factores la calidad molinera, debido a que en las exigencias del mercado de grano largo y fino la presencia de este tipo de grano es un detrimento de la calidad (Livore, 2004).

La aceptabilidad de un grano cristalino o perlado depende de cada país y generalmente los países que consumen el arroz tipo indica prefieren un endospermo libre de perla y claramente traslúcido, mientras que en

países como Italia y España la característica de perla es apreciada por el consumidor y existen variedades especialmente diseñadas para tener un gran centro blanco. Esta característica también es muy apreciada por los japoneses pues son destinadas a la elaboración de "sake", bebida fermentada alcohólica a base de arroz (Yoshida *et al*., 2002). Constituye una clara demostración de la relatividad del término "calidad" que obliga a mencionar la referencia del mercado destino cuando se habla de ella.

Similares al GPB se observa el GY, que se diferencia porque el color blanco opaco es uniforme en todo el grano, pero su origen es diferente al de los anteriores. Generalmente, la aparición de un alto porcentaje de estos granos está asociada a heterogeneidad en el cultivo (diferentes grados de madurez), humedad de cosecha excesivamente alta o condiciones climáticas anormales como las bajas temperaturas durante la madurez. La condición de yesoso se presenta en granos inmaduros debido a una falta de sincronía en la aparición de macollos. La cosecha se decide en función de la madurez de la mayor parte del lote y en cultivos que sufrieron problemas climáticos o de manejo, se suele encontrar una alta heterogeneidad en el estado fisiológico de las plantas y dentro de ellas en los diferentes macollos (Livore, 2004).

El perlado, ya sea central, dorsal u ocupando todo el grano se determina por inspección visual directa sobre los granos descascarillados, lo cual lleva una gran cantidad de tiempo. La elección de marcadores moleculares (MM) adecuados a cada población podría contribuir al proceso de selección (León y Carreres, 2002).

Con respecto al centro blanco, Martínez *et al*. (2002) señalan que es un carácter multigénico, con interacción ambiental, la cual afecta parcialmente su expresión y los granos de una misma panícula pueden diferir en opacidad.

Como se mencionó anteriormente, entre los atributos de la calidad está el carácter culinario o comportamiento esperado del arroz al ser cocinado (Livore, 2004). El endospermo del grano de arroz está formado en mayor proporción por almidón y éste a su vez posee amilosa y amilopectinas. El equilibrio entre ambas o la alteración que pueden sufrir los componentes del grano durante su formación es lo que va a determinar su calidad culinaria (Páez, 2004).

La amilosa es la fracción de almidón de los cereales de función estructural constituida por una red lineal de unidades de glucosa unidas mediante enlaces α (1 $\rightarrow$4) y el porcentaje de amilosa permite determinar indirectamente la calidad culinaria de arroz (CIAT,1989). Basados en el contenido de amilosa el arroz se clasifica en 5 grupos: waxy con el 0-5%, muy bajo (5,1-12,0%), bajo (12,1-20%), intermedio (20,1-25%) y alto (> 25%). Las variedades con muy bajo contenido de amilosa son glutinosas o waxy, que dan granos húmedos y pegajosos cuando están cocidos; los de altos contenidos de amilosa son duros y sueltos al estar cocidos (Juliano y Villareal, 1993).

En Venezuela se consume arroz con un contenido intermedio de amilosa, por lo tanto el bajo contenido consiste en un arroz de baja calidad, al igual que si presenta una consistencia dura del gel, baja temperatura de gelatinización y un endosperma con centro blanco de apariencia harinosa.

La mejora simultánea de los caracteres de contenido de amilosa, consistencia y temperatura de gelatinización, así como opacidad, han indicado que la región waxy tiene efectos importantes en estas características (Wang *et al*., 1995; Hirano y Sano, 2000; Bao *et al*., 2002; Yamanaka *et al*., 2004).

En un estudio de trece variedades venezolanas, Montoya *et al*. (2007) concluyeron que los parámetros cuantitativos relacionados con calidad molinera, aspecto del grano y componentes del rendimiento fueron las características morfológicas que permitieron una mejor caracterización de las mismas.

Bajo las condiciones de este estudio se encontró que no hubo diferencias significativas entre el rendimiento de las variedades, sólo el 38,46% presentaron valores inferiores al 17% de GY más GPB, en rendimiento de grano entero el 61,54% de los materiales fue menor del 47% y más del 96% de las variedades presentaron valores intermedios de contenido de amilosa.

La utilización de MM asociados a características agronómicas deseables, incluidas las de resistencia es una herramienta relativamente reciente desde el punto de vista tecnológico para aportar información valiosa a los diferentes programas de mejoramiento varietal.

El estudio previo del genoma del arroz y su secuencia a disposición de los investigadores, permite asociar microsatélites con algunas características cuantitativas, por lo tanto, basándose en estudios previos se seleccionan los iniciadores para estudiar la variabilidad respecto a la característica calidad culinaria de los culti-

vares del país. Recientemente Acevedo *et al*. (2007) observaron que la base genética del arroz en Venezuela es más estrecha que la del arroz en América Latina y similar a la del arroz de riego en Brasil. Señalan también, la conveniencia de incrementar la base genética del cultivo disponible para el mejoramiento del mismo, ya que permitiría lograr a corto o mediano plazo mayores ganancias por selección, además de evitar posible vulnerabilidad de ésta.

Diversas técnicas de biología molecular se encuentran disponibles para detectar variabilidad en la secuencia de ADN. La reacción en cadena de la polimerasa (PCR), las enzimas de restricción, la separación electroforética de los fragmentos de ADN, las sondas marcadas y las hibridizaciones son algunas de las técnicas que permiten obtener un número virtualmente ilimitado de MM y cubrir la totalidad del genoma de un organismo (Picca *et al*., 2004).

En la literatura, se encuentra información acerca de SSR potencialmente asociados a características que definen la calidad del grano tanto desde el punto de vista molinero como culinario, así como el rendimiento, entre estos se citan: peso del grano (Singh *et al*., 1996; Lu *et al*., 1997; Temnykh *et al*., 2000; Cheng *et al*., 2001; Zhuang *et al*., 2002; Thomson *et al*., 2003; Aluko *et al*., 2004); tamaño de grano (Singh *et al*., 1996; Temnykh *et al*., 2000, 2001; Cheng *et al*., 2001); porcentaje de granos coloreados (Septiningsih *et al*., 2003); color de grano, número de granos (Singh *et al*., 1996; Lu *et al*., 1997; Tan *et al*., 1999, 2000; Temnykh *et al*., 2000, 2001; Cheng *et al*., 2001); llenado de grano (Singh *et al*., 1996; Temnykh *et al*., 2000, 2001; Cheng *et al*., 2001; Gu *et al*., 2004); porcentaje de grano entero (Jiang *et al*., 2005); porcentaje de granos partidos (Jiang *et al*., 2005); días a maduración (Septiningsih *et al*., 2003); fertilidad (Li *et al*., 2001); espesor del grano (Jiang *et al*., 2005); contenido de amilosa (Temnykh *et al*., 2000, 2001; Cheng *et al*., 2001; Aluko *et al*., 2004; Gu *et al*., 2004; Fan *et al*., 2005; Singh *et al*., 1996; Cheng *et al*., 2001; Septiningsih *et al*., 2003; Zhuang *et al*., 2002); digestión alcalina (Aluko *et al*., 2004); temperatura de gelatinización (Lanceras *et al*., 2000).

La identificación de MM microsatélites que permitan la selección temprana (mucho antes de que el grano se desarrolle) de materiales genéticos de arroz con calidad culinaria intermedia a alta por su contenido de amilosa permitirá eliminar aquellos que no posean caracteres apropiados, permitiendo a los mejoradores un mejor uso de los recursos de investigación cada vez más escasos para el examen extenso sea más promisorios. Otros MM identificados para caracteres de interés agronómico como resistencia a plagas y enfermedades pueden emplearse simultáneamente para incrementar la eficiencia y efectividad de los programas de mejoramiento genético.

En este contexto, se estudió la variabilidad de los cultivares nacionales mediante la técnica de MM. Con el objeto de estudiar la variabilidad genética del arroz venezolano con respecto a los caracteres de calidad, se analizaron molecularmente 16 variedades comerciales con marcadores microsatélites señalados previamente por su asociación a las características de interés y se estudió la diversidad mediante un análisis de conglomerados.

También se estudió su expresión medio ambiental medida por los parámetros L, ancho y espesor del grano (EG); porcentaje de grano entero (PGE), GY y GPB, incluyendo la calidad culinaria medida por el porcentaje de amilosa aparente del grano pulido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal: se utilizaron 16 materiales (Cuadro 1) constituidos por las principales variedades de arroz de Venezuela y algunas líneas élites del programa de mejoramiento del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y como materiales contrastantes se emplearon 2 variedades de viveros italianos, cuyas características de calidad culinaria son diferentes a aquellas exigidas de las mismas nacionales por el mercado.

Ensayo experimental: constó de 2 fases. La fase I consistió en el análisis de dimensiones del grano (L, ancho y EG paddy), análisis de calidad molinera (PGE, GY y GPB sobre arroz pulido, AP) y un análisis final de calidad culinaria (porcentaje aparente de cantidad de amilosa) realizado en los 16 materiales objeto de este estudio, los cuales fueron sembrados en campo bajo un diseño de bloques al azar en la estación experimental de INIA- Portuguesa, con 2 repeticiones en febrero de 2005.

Para estimar las dimensiones del grano se tomaron al azar 40 granos paddy de cada material y se midieron en milímetros con la ayuda de un vernier electrónico.

CUADRO 1. Identificación de las variedades y líneas élites de arroz utilizados en esta investigación.

N°	Denominación del Cultivar	Tipo	Obtentor
1	CIMARRÓN	Variedad	INIA
2	VENEZUELA-21	Variedad	INIA-FUNDARROZ
3	FUNDARROZ PN1	Variedad	INIA-FUNDARROZ
4	CENTAURO	Variedad	INIA-FUNDARROZ
5	PALMAR	Variedad	INIA
6	FONAIAP-1	Variedad	INIA
7	FONAIAP-2000	Variedad	INIA
8	ARAURE-1	Variedad	INIA
9	ARAURE-4	Variedad	INIA
10	ARAURE-50	Variedad	INIA-FUNDARROZ
11	VI/04	Variedad	IIT
12	VI/21-4	Variedad	IIT
13	PN00A007	Línea élite	INIA-FUNDARROZ
14	PN00A017	Línea élite	INIA-FUNDARROZ
15	PN01A013	Línea élite	INIA-FUNDARROZ
16	PN00A002A	Línea élite	INIA-FUNDARROZ

INIA, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (anteriormente Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias - FONAIAP); FUNDARROZ, Fundación Nacional del Arroz; IIT, Introducción italiana.

Para determinar la calidad molinera de los materiales se realizó un análisis sobre 200 g de arroz paddy, el cual se descascarilló y pulió. Por un método simple de separación se obtuvo el PGE, sobre los que se realizó el conteo de granos con CB y GY.

Para determinar el contenido de amilosa se utilizó el método clásico de colorimetría propuesto por CIAT (1989), el cual fue realizado en el Laboratorio de Calidad de Grano de la Fundación Danac (San Javier, estado Yaracuy). Este método consistió en tomar una muestra de granos cosechados en campo con una humedad de cosecha entre 20 y 23%, la cual fue limpiada, descascarada, pulida y molida. Después de su tinción con yodo se realizó la lectura en un espectrofotómetro.

La fase II consistió en el análisis del ADN mediante MM tipo microsatélites (SSR) el cual fue realizado en la Unidad de Biotecnología de INIA-CENIAP (Maracay, estado Aragua).

Se utilizó un total de 48 marcadores asociados a la calidad del arroz (Cuadro 2) y distribuidos por los diferentes cromosomas del genoma de este cultivo.

Análisis del ADN de los materiales mediante microsatélites

Se germinaron 10 semillas de cada material genético bajo estudio en cápsulas de Petri con papel absorbente húmedo durante 10 d. Luego se procedió a tomar 0,4 g de tejido foliar fresco y se maceró con nitrógeno líquido. La extracción de ADN se realizó con el kit de purificación de ADN de Wizard Genomic®. El ADN se dejó suspendido en TE durante 3 d, realizando una prueba de calidad de ADN obtenido.

La reacción en cadena de la polimerasa (PCR) constó de 5 µl de ADN a una concentración de 4 ng µl-1, 3 µl de buffer 5X, 1,5 µl de cloruro de magnesio a una concentración de 2,5 mM, 2,5 µl de cada par iniciador a una concentración de 2,5 mM, 0,25 µl de dNTP's a una concentración de 2,5 mM, 1 U de Taq polimerasa y 3,10 µl de agua bidestilada esterilizada para un volumen final de reacción de 15 µl.

El termociclador se programó según la temperatura de hibridización de los iniciadores, en este caso 55º C, y el ciclo consistió en una desnaturalización inicial de ADN de 3 min a 94º C, seguido de 30 s a 94º C, luego 45 s a 55º C y 1 min a 72º C; el ciclo, exceptuando la desnaturalización inicial, se repitió 29 veces y cerró a 72º C por 5 min para una extensión final del ADN.

La corrida de los productos de PCR se realizó en geles de agarosa al 2,5% en cámaras electroforéticas horizontales. Se colocaron 7 µl de producto PCR en cada fosa del gel y se comparó con un marcador 25 pares de bases (pb), el cual es un patrón de referencia para observar el peso del alelo.

Los geles se corrieron durante 3 h a 100 V. Luego, se fotografiaron para el análisis de bandas en un digitalizador de imágenes marca BIORAD modelo CHEMIDOC, utilizando el programa Quantity one v. 4.2®.

Análisis estadístico

Utilizando los valores promedios obtenidos de los 7 caracteres de calidad analizados (L de grano, ancho de grano, EG, PGE, porcentaje de GPB, porcentaje de GY y contenido aparente de amilosa) de los 16 materiales bajo estudio se realizó un análisis de componentes

principales para verificar la calidad de los datos, seguidamente se realizó un análisis de conglomerados por encadenamiento promedio Ward con distancia euclidea promedio.

Para el análisis de los datos moleculares se registró la presencia o ausencia de bandas para cada SSR, se obtuvo el número de alelos promedio y porcentaje de loci polimórficos, se verificaron los datos mediante un análisis de correspondencia múltiple y de esta forma se comprobó la calidad de los datos de origen. Seguidamente, se realizó un análisis de conglomerados mediante el método Ward, con una distancia de 1-Jaccard y de esta forma analizar el patrón de asociación en función a los marcadores polimórficos.

Todos los análisis estadísticos fueron realizados con el InfoStat ® versión 1.1, Universidad de Córdoba (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de calidad dimensiones del grano, calidad molinera y culinaria

Con respecto a las dimensiones del grano se encontró que los materiales de vivero italiano están muy cercanos a una longitud (L) superior a 6 mm, a diferencia de las variedades venezolanas que se encuentran entre 8 mm y 10 mm (Cuadro 3).

CUADRO 2. Marcadores microsatélites polimórficos en este estudio, cromosoma de ubicación y característica asociada según la revisión de literatura[1].

SSR	Cromosoma	Característica asociada
RM 220	1	Peso de 1 000 granos (Singh *et al*., 1996; Temnykh *et al*., 2000, 2001; Cheng *et al*., 2001)
RM1140[1]	1	–
RM283	1	Peso de 1 000 granos (Singh *et al*., 1996; Temnyk *et al*., 2000, 2001; Cheng *et al*., 2001)
RM486	1	Contenido de amilosa (Singh *et al*., 1996; Temnykh *et al*., 2000, 2001; Cheng *et al*., 2001)
RM23	1	Porcentaje de grano partido (Septiningsih *et al*., 2003)
RM203	2	Número de granos, peso de 1000 granos (Lu *et al*., 1997)
RM208	2	Peso de 1 000 semillas(Zhuang *et al*., 2002)
RM279	2	Número de panículas (Aluko *et al*., 2004)
RM250	2	Peso de 100 semillas (Thomson *et al*., 2003)
RM122	5	Número de granos (Tan *et al*., 1999; Xu *et al*., 2000)
RM267	5	Consistencia viscosa (Singh *et al*., 1996; Temnykh *et al*., 2000, 2001; Cheng *et al*., 2001)
RM190	6	Contenido de amilosa y digestión alcalina (Aluko *et al*., 2004)
RM253	6	Contenido de amilosa y digestión alcalina (Aluko *et al*., 2004)
RM125	7	Peso de 1 000 granos, contenido de amilosa (Singh *et al*., 1996; Temnykh *et al*., 2000, 2001; Cheng *et al*., 2001)
RM3855[1]	9	–
RM496	10	Porcentaje de granos partidos (Septiningsih *et al*., 2003)
RM144	11	Porcentaje de arroz integral (Aluko *et al*., 2004)
RM167	11	Peso de 1 000 semillas (Singh *et al*., 1996; Temnykh *et al*., 2000, 2001; Cheng *et al*., 2001)
RM209	11	Contenido de amilosa (Gu *et al*., 2004)
RM270	12	Rendimiento y sus componentes (Septiningsih *et al*., 2003)

[1] Para este microsatélite no se encontraron referencias de asociación con alguna característica de rendimiento o calidad de grano en la literatura consultada.

CUADRO 3. Calidad molinera, de apariencia y contenido de amilosa aparente determinado por espectrofotometría de los materiales de arroz utilizados.

Material	LG	AG	EG	GE	GY	GP	CA
CIMARRÓN	8,73	2,26	1,87	52,50	4,24	19,08	20,64
VENEZUELA-21	8,80	2,39	1,90	50,00	1,40	17,28	22,22
FUNDARROZ PN1	9,08	2,16	1,83	46,25	0,16	8,84	21,42
CENTAURO	9,78	2,53	1,93	35,00	8,40	16,68	23,59
PALMAR	8,07	2,31	1,82	58,13	1,68	7,64	22,13
FONAIAP-1	9,89	2,30	1,78	25,00	4,52	26,16	22,35
FONAIAP-2000	10,01	2,49	1,89	52,50	0,56	25,00	15,92
ARAURE-1	9,15	2,32	1,88	51,25	8,36	28,12	20,68
ARAURE-4	8,52	2,48	1,84	56,88	0,88	18,88	21,91
ARAURE-50	9,23	2,28	1,83	39,38	3,48	12,88	21,6
VI/04	7,06	2,64	1,85	52,50	2,00	18,88	15,4
VI/21-4	6,83	2,57	1,86	52,50	1,20	13,80	15,73
PN00A007	9,59	2,46	1,89	58,75	0,16	19,28	14,33
PN00A017	9,05	2,29	1,88	53,75	0,44	9,68	17,63
PN01A013	9,18	2,51	1,86	55,63	1,12	6,16	17,23
PN00A002A	9,02	2,24	1,81	51,25	3,08	17,64	20,8

LG, longitud del grano en mm; AG, ancho del grano en mm; EG, espesor del grano en mm; GE, porcentaje de grano entero; GY, porcentaje de grano yesoso; GP, porcentaje de grano panza blanca; CA, contenido aparente de amilosa en porcentaje.

La calidad molinera indicó un comportamiento intermedio con respecto a las variables PGE en las variedades FONAIAP-1, CENTAURO, ARAURE-50 y FUNDARROZ PN1 para las condiciones de este ensayo. Para la característica porcentaje de GY las variedades CENTAURO y ARAURE-1 presentaron baja calidad. Con respecto a la característica porcentaje de GPB la mayoría de los materiales presentaron altos contenidos de estos granos, a excepción de los materiales FUNDARROZ PN1, CENTAURO, PN00A017 y PN01A013 (Cuadro 3).

El carácter calidad culinaria mostró que de los materiales analizados CIMARRÓN, VENEZUELA-21, CENTAURO, PALMAR, FONAIAP-1, ARAURE-1, ARAURE-4, ARAURE-50, la línea PN00A022A y FUNDARROZ PN1, presentaron un contenido de amilosa intermedio adecuado a las exigencias del mercado venezolano. Es de hacer notar que el material FUNDARROZ PN1 fue removido del mercado nacional debido a poseer baja amilosa entre otras características agronómicas indeseables, sin embargo, aquí se presenta tal comportamiento bajo las condiciones de este ensayo. Muchos autores limitan el contenido de amilosa intermedio entre 22% y 27%; sin embargo, en el mercado venezolano hay una tolerancia de hasta 20% de amilosa (Páez, 2004). El resto de los materiales no es aceptado por el consumidor, lo cual era de esperar en el caso de las variedades de vivero italiano, pues esa es su principal característica (VI/04 y VI/21-4) como se observe en el Cuadro 3.

Los datos provenientes de las variables cuantitativas fueron analizados por asociación de componentes principales de mayor aporte a la varianza total encontrándose que los 3 primeros factores explicaron 75% de la variación total; el primer factor explicó 38%, compuesto por las variables GE, GY y contenido de amilosa; el segundo factor explicó 24%, compuesto por las variables ancho del grano, espesor del grano y porcentaje de GPB; y el tercer factor explicó que 13% estuvo compuesto por la variable L del grano.

Al realizar el análisis de conglomerados se observó la formación de 3 grupos: el primero compuesto por las variedades CENTAURO y FONAIAP-1, el segundo grupo por FUNDARROZ PN1, ARAURE 50, PALMAR, PN01A013 y PN00A017, y el tercer grupo formado por ARAURE-1 FONAIAP-2000, VENEZUELA-21, PN00AOO2A, CIMARRÓN, VI/21-4, PN00A007 y VI/04 (Figura 1).

Análisis del ADN de los materiales mediante microsatélites

De los 48 microsatélites probados sólo 19 presentaron bandas polimórficas, por lo tanto su porcentaje de loci polimórfico es de 0,4%, con la formación de 72 alelos; sin embargo, como los marcadores monomórficos no aportan información al diferenciar o estudiar variabilidad genética de los materiales, se excluyeron del análisis estadístico. De los 19 marcadores polimórficos se obtuvo, un número promedio de alelos por marcador de 2,26 y al realizar un análisis de correspondencia múltiple se encontró que los 3 primeros factores explicaban 61% de las diferencias, con una contribución de lambda uno (47%) mayor a lambda 2 (14%) y éste a su vez mayor que lambda 3 (10%).

Al realizarles el análisis de conglomerados se obtuvo la formación de 4 grupos: el primer grupo compuesto por variedades FONAIAP-2000, FONAIAP-1, CENTAURO, FUNDARROZ PN1, VENEZUELA-21, PALMAR y CIMARRÓN, el segundo grupo formado por las líneas PN01A013 y PN00A022A; el tercer grupo por ARAURE-1, ARAURE-2 y ARAURE-50; y finalmente el cuarto grupo por las líneas élites VI/04, V!/21-4, PN00A007 y PN00A017 (Figura 2).

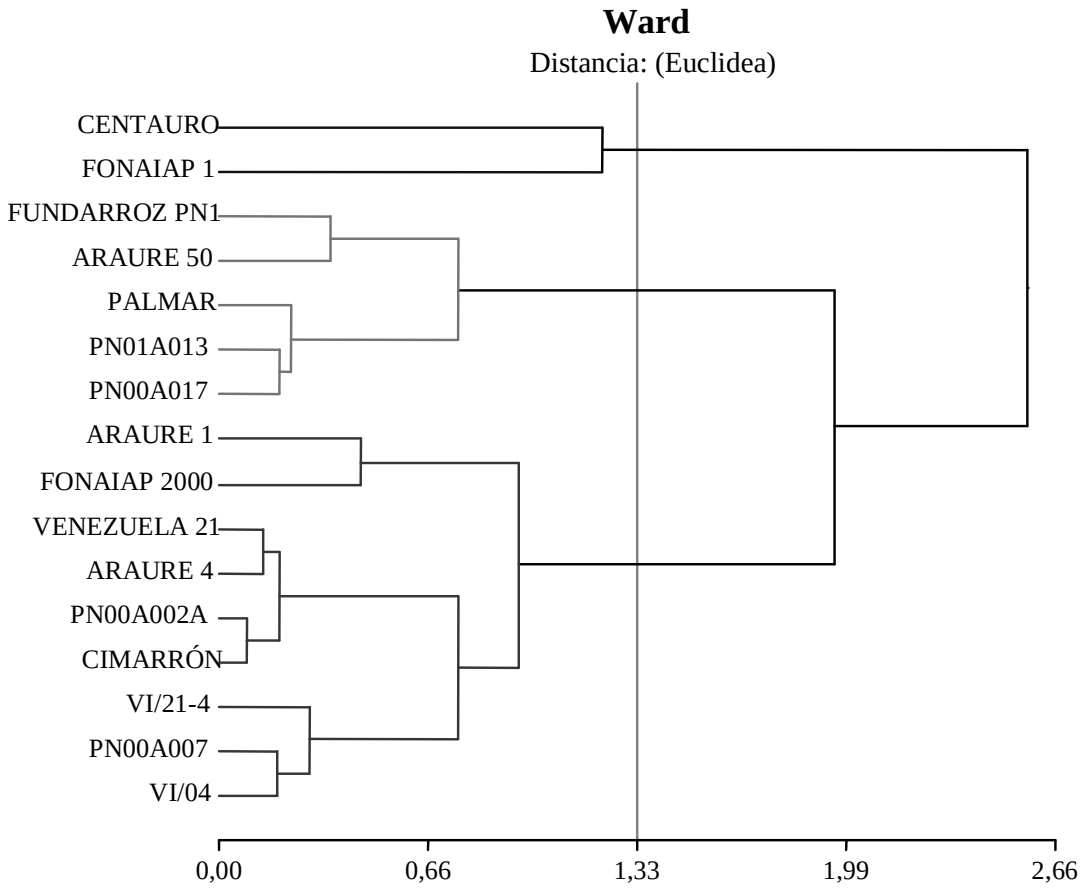


FIGURA 1. Árbol generado por la similitud debida a la distancia Euclidea promedio y Ward como método jerárquico de los 16 materiales de arroz utilizados en el ensayo para calidad molinera, culinaria y de apariencia. Encadenamiento promedio Ward, distancia Euclidea promedio, correlación cofenética 0,619. Variables estandarizadas.

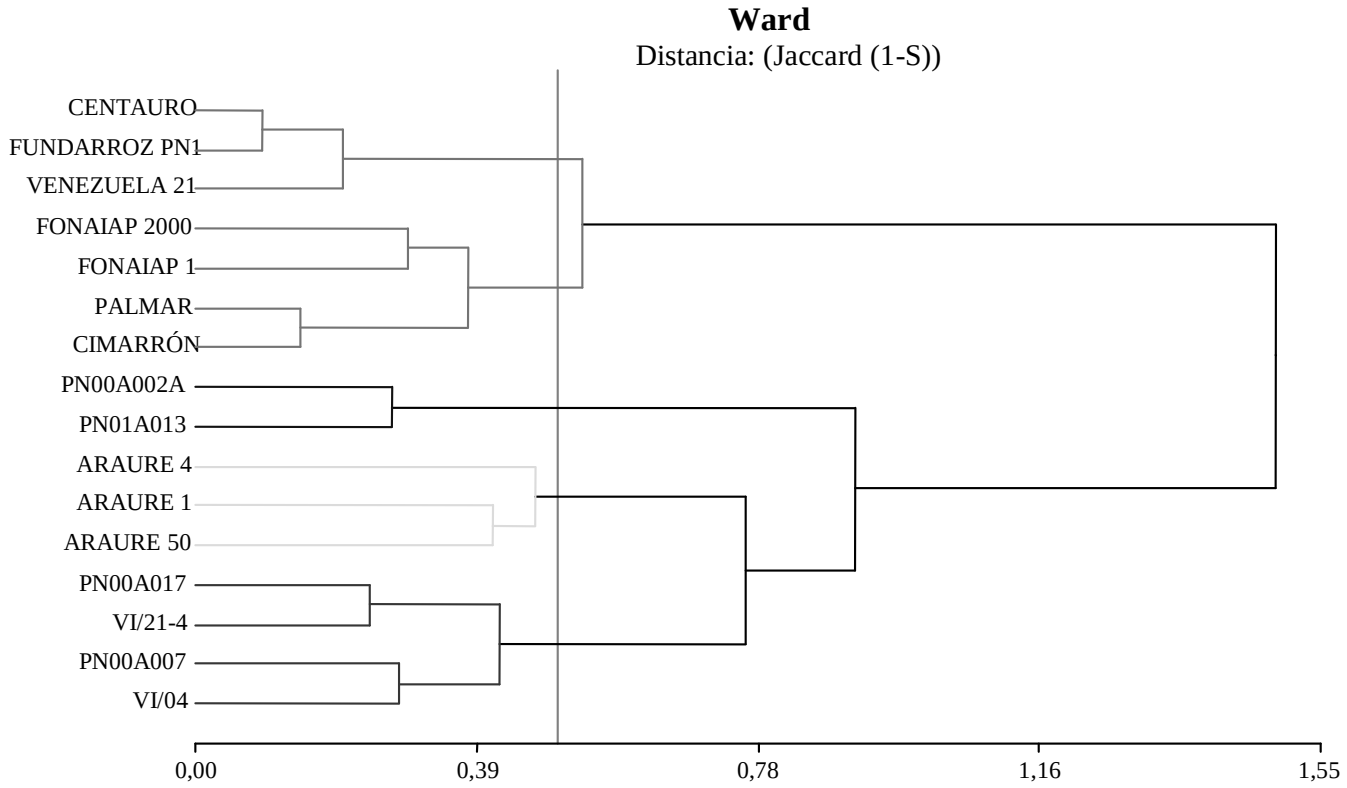


FIGURA 2. Árbol generado por la similitud debida a la distancia 1-Jaccard y Encadenamiento promedio (Ward) como método jerárquico, con correlación cofenética 0,537, para los 16 materiales de arroz estudiados con marcadores microsatélites. Variables no estandarizadas.

Estos 4 grupos se formaron debido al polimorfismo presentado por los marcadores RM23, RM122, RM125, RM144, RM167, RM190, RM203, RM208, RM209, RM220, RM250, RM253, RM267, RM270, RM279, RM283, RM486, RM496, RM1104 y RM3855. Al respecto, Jiang *et al*. (2005) encontraron los marcadores SSR asociados o altamente significativos en un estudio cuantitativo de calidad de arroz RM210, RM167, RM81B para EG, RM16 para PGE y RM555 para porcentaje de grano partido. De la misma forma Fan *et al*. (2005), al realizar un estudio de QTL relacionado con la calidad culinaria utilizaron los marcadores RM283, RM23, RM431, RM251, RM16, RM253, RM528, RM170, RM190, RM210, RM224, RM270 y RM144, encontrando a RM209 y RM270 directamente relacionados con el contenido de amilosa.

Al realizar la correlación canónica entre los vectores provenientes del análisis de geles y los vectores provenientes del análisis cuantitativo de las variables de calidad, se evidenció que no existe una correlación entre el análisis de geles y las variables cuantitativas de calidad, si bien se encontró correlación directamente proporcional de 68% entre las variables GE, GY y contenido de amilosa con las variables ancho, espesor de grano y porcentaje de GPB.

En un principio se planteó realizar el análisis conjunto de MM asociados a características de calidad de grano, seleccionados de acuerdo a trabajos realizados por otros autores, con características cuantitativas asociadas a la calidad del grano, sin embargo, existieron algunos factores de consideración como por ejemplo que debían validarse dichos marcadores en el reservorio genético representado por los materiales venezolanos; debían generarse poblaciones segregantes para estudiar bien estas características, y esto no era posible en el tiempo disponible para el presente estudio.

También hay que señalar que los parámetros que definen la calidad del grano son diversos, complejos, y altamente afectados por el ambiente.

Este ensayo se realizó en una época atípica usando dos repeticiones. Por todo esto, la correlación entre las variables morfológicas y la caracterización molecular no pudo estimarse, por lo cual se recomienda para posteriores estudios, la utilización de ensayos de campo con mayor número de repeticiones y localidades para limitar el efecto ambiental, luego de haber generado las poblaciones segregantes.

Con los resultados obtenidos se incrementa la información disponible sobre la calidad del grano y las características genéticas de un número de variedades y líneas élite del programa de mejoramiento del INIA. Este estudio puede tomarse como base para la realización de una caracterización exhaustiva de la calidad de grano de los materiales genéticos venezolanos, tanto en el aspecto fenotípico como en el molecular.

CONCLUSIÓN

- Se realizó la caracterización morfológica y molecular respecto a la calidad de grano de 16 variedades comerciales de arroz de INIA, así como se analizó su variabilidad genética para cierto número de loci, algunos fueron escogidos al azar y otros por su conocida asociación con características de calidad. De esta forma, se aumenta la información disponible sobre la calidad y las características estudiadas de las variedades venezolanas generadas por el INIA.

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, M., E. Torres, O. Moreno, R. Álvarez, O. Torres, W. Castrillo, G. Torrealba, E. Reyes, M. Salazar y M. Navas. 2007. Base genética de los cultivares de arroz de riego liberados en Venezuela. Agronomía Trop. 57(3):197-204.

Aluko, G., C. P. Martinez, J. Tohme, C. Castano, C. Bergman and J. H. Oard. 2004. QTL mapping of grain quality traits from the interspecific cross *Oryza sativa* x *O. glaberrima*, Theor. Appl. Gen. 109:630-639.

Bao, S., H. Corke and M. Sun. 2002. Microsatellites in starch synthesizing genes in relation to starch physicochemical properties in waxy rice (*Oryza sativa* L.). Theor Appl. Genet.105:898 905.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1989. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz: Guía de estudio. 75 pp.

Chaudhary, R. C. and D. V. Tran. 2001. Specialty rice of the World: a prologue. **In:** Chaudhary R.C., D. V. Tran and R. Duffy (Edit.). Specialty rice of the World: Breeding, production and marketing. Science Publishers Inc, Enfield, USA. pp. 3-12.

Cheng, Z., G. G. Presting, C. R. Buell, R. A Wing and J. Jiang. 2001. High resolution pachytene chromosome mapping of bacterial artificial chromosomes anchored by genetic markers reveals the centromere location and the distribution of genetic recombination along chromosome 10 of rice. Genetics 157:1.749-1.757.

Fan, C., X. Yu, Y. Xing, C. Xu, L. Luoand and Q. Zhang. 2005. The main effects, epistatic effects and environmental interactions of QTL on the cooking and eating quality of rice in a doubled haploid line population. Theor. Appl. Genet. 110:1.445-1.452.

GRAMENE. 2007. *Oryza*. Documento en línea. Disponible en: http://www.gramene.org/*oryza*/rice_facts.html Fecha de consulta: 14/02/2006.

Gu, X. Y., S. F. Kianian and M. E. Foley. 2004. Multiple loci and epistases control genetic variation for seed dormancy in weedy rice (*Oryza sativa*). Genetics 166:1.503-1.516.

Hirano, H. Y. and Y. Sano. 2000. Comparison of Waxy gene regulation in the endosperm and pollen in *Oryza sativa* L. Genes Genet Syst. 75:245 249.

Ilarraza, D. 2002. Efectos del genotipo y tiempos de almacenamiento sobre la calidad culinaria de líneas experimentales de arroz (*Oryza sativa* L). Tesis de pregrado. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomia. Maracay Venezuela. 80 pp.

InfoStat. 2004. InfoStat software Estadístico. Versión 1.1. Universidad de Córdoba, Argentina.

Jiang, G., X. Hong, C. Xu, X. Li and Y. He. 2005. Identification of quantitative trait loci for grain appearance and milling quality using a double haploid rice population. J. of Integrative Plant Biology 47:1 391-1 403.

Juliano, B. and C. Villareal. 1993. Grain quality evaluation of world rice. International Rice Research Institute (IRRI). Philippines, 205 pp.

Lanceras, J., Z. Huang, O. Naivikul, A. Vanavichit, V. Ruanjaichon and S. Tragoonrung. 2000. Mapping of genes for cooking and eating qualities in Thai jasmine rice (KDML105). DNA Res. 7:93-101.

León, J. L. y R. Carreres, 2002. Calidad del arroz: criterios para una adecuada valoración. Vida Rural 145:38-40.

Livore, A. 2004. Calidad Industrial y culinaria del arroz. Revista IDIA XXI 6:190-194.

Lu, C. F., L. H. Shen, Z. B. Tan, Y. B. Xu, P. He, Y. Chen and L. H. Zhu. 1997. Comparative mapping of QTLs for agronomic traits of rice across environments by using a doubled haploid population. Theor. Appl. Genet. 94:145-150.

Martínez, C. P., S. Carabali, M. C. Duque y J. Silva. 2002. Progreso genético para calidad de grano de arroz (*Oryza sativa*) mediante selección recurrente. **In:** Mejoramiento poblacional, una alternativa para explorar los recursos genéticos del arroz en América Latina. Guimaraes E.P. (Ed.) Centro Internacional de Agricultura Trop. Cali, Colombia. pp. 296-317.

Montoya, M., N. Rodríguez, I. Pérez-Almeida, J. Cova y L. Alemán. 2007. Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolanas. Agronomía Trop. 57(4):299-311.

Páez, O. 2004. El Cultivo de arroz en Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Alfredo Romero (Ed.). Serie Manuales de Cultivo INIA Nº 1. Maracay. 202 pp.

Picca, A., M. Helguera, N. Salomón y A. Carrera, 2004. Marcadores Moleculares. **In:** Biotecnología y Mejoramiento Vegetal. Parte II. Herramientas básicas. Ediciones INTA. Echenique, V., Rubinstein, C., y L. Mroginski (Eds.). Parte II, Cap. 4 pp. 61 68.

Septiningsih, E. M., J. Prasetiyono, E. Lubis, T. H. Tai, T. Tjubaryat, S. Moeljopawiro and S. R. McCouch. 2003. Identification of quantitative trait loci for yield and yield components in an advanced backcross population derived from the *Oryza sativa* variety IR64 and the wild relative *O. rufipogon*. Theor. Appl. Genet. 107:1.419-1.432.

Singh, K., T. Ishii, A. Parco, N. Huang, D. S. Brar and G. S. Khush. 1996. Centromere mapping and orientation of the molecular linkage map of rice (*Oryza sativa* L.). Proc. Natl. Acad. Sci. 93:6 163-6 168.

Tan, Y., M. Sun, Y. Xing, J. P. Hua, X. L. Sun, Q. Zhang and H. Corke. 2001. Mapping quantitative trait loci for milling quality, Protein content and color characteristics of rice using a recombinant inbred line population derive from and elite rice hybrid. Theor. Appl. Genet. 103:1 037-1 045.

Tan, Y. F., J. X. Li, S. B. Yu, Y. Z. Xing and C. G. Xu. 1999. The three important traits for cooking and eating quality of rice grains are controlled by a single locus in an elite rice hybrid Shanyou 63. Theor. Appl. Genet. 99:642-648.

Temnykh, S., W. D. Park, N. M. Ayres, S. Cartinhour, N. Hauck, L. Lipovich, Y. G. Cho, T. Ishii and S. R. McCouch. 2000. Mapping and genome organization of microsatellite sequences in rice (*Oryza sativa* L.). Theor. Appl. Genet. 100:697-712.

Temnykh, S., G. DeClerck, A. Lukashova, L. Lipovich, S. Cartinhour, and S. McCouch. 2001. Computational and experimental analysis of microsatellites in rice (*Oryza sativa* L.): frequency,length variation, transposon associations, and genetic marker potential. Genome Research 11:1 441-1 152.

Thomson, M. J., T. H. Tai, A. M. McClung, X. H. Lai, M. E. Hinga, K. B. Lobos, Y. Xu, C. P. Martinez and S. R. McCouch. 2003. Mapping quantitative trait loci for yield, yield components and morphological traits in an advanced backcross population between *Oryza rufipogon* and the *Oryza sativa* cultivar Jefferson". Theor. Appl. Genet. 107:479-493.

Wang, Z., F. Zheng, G. Shen, J. Gao, D. Snustad, M. Li, L. Zhang and M. Hong. 1995. The amylose content in rice endosperm is related to the post transcriptional regulation of the waxy gene. Plant J. 7:613-622.

Webb, B. D. 1991. Rice quality and grades. **In:** Rice Utilization, Volume II. Luh B.S. (Ed.) Van Nostrand Reinhold AVI Book, New York. pp. 89-119.

Yamanaka, S., I. Nakamura, K. N. Watanabe and Y. Sato. 2004. Identification of SNPs in the waxy gene among glutinous rice cultivars and their evolutionary significance during the domestication process of rice. Theor. Appl. Genet. 108:1 200-1 204.

Yan, C., G. Liang, F. Chen, X. Li, S. Tang, C. Yi, S. Tian, J. Lu and M. Gu. 2003. Mapping quantitative trait loci associated with rice grain shape based on an indica/japonica backcross population. Yi Chuan Xue Bao 30:711-716.

Yoshida, S., M. Ikegami, J. Kuze, K. Sawada, Z. Hashimoto, T. Ishii, C. Nakamura and O. Kamijima. 2002. QTL analysis for the plant and grain characters of sake brewing rice using a doubled haploid population. Breeding Sci. 52:309-371.

Zhuang, J. Y., Y. Y. Fan, Z. M. Rao, J. L. Wu, Y. W. Xia and K. L. Zheng. 2002. Analysis on additive effects and additive-by-additive epistatic effects of QTLs for yield traits in a recombinant inbred line population of rice. Theor. Appl. Genet. 105:1 137-1 145.

Agronomía Trop. 59(4): 457-467. 2009

MONITOREO DE *Tagosodes orizicolus* M. E INCIDENCIA DEL VIRUS DE LA HOJA BLANCA "VHB" EN EL CULTIVO DE ARROZ EN CALABOZO, ESTADO GUÁRICO, VENEZUELA

MONITORING OF SOGATA *Tagosodes orizicolus* M. AND INCIDENCE OF WHITE LEAF VIRUS "WLV" IN RICE IN CALABOZO, GUÁRICO, VENEZUELA

Luis E. Vivas C*, Dilcia Astudillo y Judith Poleo***

*Investigadores. INIA Guárico. Calabozo, estado Guárico, Venezuela. E-mail: lvivas@inia.gov.ve; jpoleo@inia.gob.ve
**Agroriesgo C.A, Calabozo, estado Guárico. E-mail: dilcita13@hotmail.com

RESUMEN

Se presenta la información sobre la incidencia del virus de la hoja blanca (VHB) y poblaciones del insecto sogata, *Tagosodes orizicolus* (Muir) 1926, ejecutada en 10 parcelas comerciales del sistema de riego río Guárico (S.R.R.G.), el cual se dividió en tres (3) sectores durante la época de sequía entre los años 2003 y 2007. Se presenta la información del VHB en 3 parcelas en las épocas de sequía y lluvias. El objetivo del trabajo fue: Evaluar la incidencia en plantas de arroz del VHB y las poblaciones del insecto vector de la enfermedad en siembras comerciales del S.R.R.G. El porcentaje de plantas afectadas por el virus de la hoja blanca alcanzo niveles muy bajos, comprendidos entre 0,56% y 1,08% y las poblaciones del insecto resultaron en promedio de 3,90 individuos por pase doble de malla.

Palabras Clave: *Tagosodes orizicolus* Muir; cereales; arroz; plaga; insecto; Homoptera; sogata; virus de la hoja blanca.

SUMMARY

The incidence of white leaf virus (WLV) and insect population density of sogata, *Tagosodes orizicolus* (Muir) 1926, was studied in 10 commercial plots of rice located in the Rio Guárico Irrigation System (RG.I.S). The area under the study was divided into three (3) sections during the dry season from 2003 to 2007. The incidence of WLV also was registered in three commercial plots of rice, both in the dry and rainy season. The objective of this study was the evaluation of WLV effect on rice plants as well as the effect of sogata population density as a vector of the disease in commercial plantings (R.G.I.S). The percentage of plants affected by the virus was very low, ranging between 0.56% and 1.08%, and the insect population density of sogata averaged 3.90 individuals per insect net (double pass).

Key Words: *Tagosodes orizicolus* Muir; cereals; rice; pest; insect; Homoptera; sogata; white leaf virus.

RECIBIDO: marzo 26, 2009

ACEPTADO: julio 08, 2009

INTRODUCCIÓN

El arroz, *Oryza sativa*, es uno de los cultivos más importante en el mundo, se produce en 113 países; representando el alimento básico de la dieta alimenticia de más de la mitad de la población mundial (FAO, 2004 a y b; Gramene, 2006). En el 2005, la superficie mundial cultivada de arroz fue de 156 millones de ha, con una producción mundial de 628 millones de toneladas; siendo China la responsable del 29% de la producción ubicándola en el primer lugar, seguido por India e Indonesia (FAO, 2006; FAOSTAT, 2006).

En América Latina y el Caribe, se cultivan aproximadamente unos 6,7 millones de ha, con una producción total de 26,4 millones de toneladas, siendo los principales países productores: Brasil con 49%, seguido por Colombia (9,8%), Perú (9,3%), Argentina (3,9%) y Venezuela (3,6%) (FAOSTAT, 2006; Labrín, 2007).

La producción para el año 2005 fue 950 000 toneladas, con un rendimiento promedio de 5 t ha^{-1}, en una superficie de 190 000 ha (FAOSTAT, 2006). En el país, el 90% de la producción se concentra en los estados Portuguesa y Guárico con pequeños aportes de Barinas y Cojedes (Vivas *et al*., 2002). En Venezuela, el consumo *per cápita* de arroz es de 15 kg $año^{-1}$ (ACA, 2005).

Las pérdidas causadas por plagas representan una de las mayores limitantes en el incremento de la productividad del arroz, causando un aumento significativo de los costos de producción (Dávalos, 1997 citado por Labrín, 2007). En el mundo, se estima que las plagas destruyen cerca del 35% de la producción de arroz, de las cuales 12% son causadas por patógenos (Pantoja *et al*., 1997; Vivas *et al*., 2002).

El virus de la hoja blanca (VHB) fue durante 60 años la única enfermedad viral conocida en el continente. En 1995, se identificó en Colombia, el virus de la necrosis rayada del arroz (RSNV: Rice stripe necrosis virus), mejor conocida como "entorchamiento" del arroz, aumentando de esta manera, el número de virosis en América (Morales *et al*., 1995; Morales, 1996; Labrín, 2007).

El VHB fue observado por primera vez en Colombia por Garcés en 1935 (citado por Morales y Niessen, 1983), siendo identificado su agente causal en 1983 por los mismos autores. En Venezuela, fue mencionada por primera vez por Malaguti (1956) y Malaguti *et al*. (1956).

En la actualidad, la enfermedad se encuentra en todas las zonas arroceras tropicales del continente americano, en donde se han detectado epidemias cíclicas que se repiten cada diez a quince años provocando, como es de suponer, pérdidas importantes en producción. (Zeigler y Morales, 1990; Calvert y Reyes, 1998; Vivas y Astudillo, 2008).

En Costa Rica, Perú, Colombia y República Dominicana, se han presentando brotes importantes del virus de la hoja blanca. Durante los primeros años de la década de los ochenta, el control del insecto vector no previno las epidemias del virus y además se presentaron grandes y graves pérdidas en el cultivo (Calvert *et al*., 1994).

El virus es transmitido por el insecto "Sogata" insecto *Tagosodes orizicolus* (Homoptera: Delphacidae), de una manera persistente y la transmite la hembra (Transovárica) a su progenie (Galvez, 1968; Calvert y Reyes, 1999).

Por otro lado, el virus provoca un efecto deletéreo en insectos virulíferos, los cuales poseen una tasa de sobrevivencia menor que los insectos libres del virus. Se cree que el efecto que el virus causa en el insecto, junto con la lenta multiplicación de las plantas infestadas en el campo, son los responsables por la naturaleza cíclica de la enfermedad (Pantoja *et al*., 1997; Vivas, 2006; Vivas y Astudillo, 2008).

Las epidemias son cíclicas y al presentarse, se han estimado pérdidas en rendimiento entre un 25% y 75%. Los síntomas característicos de la hoja blanca en el arroz difieren según la variedad y la edad de la planta infectada. Los primeros síntomas sólo se observan en las hojas que emergen después de la inoculación del virus y consisten en áreas cloróticas o en lesiones típicas de un mosaico. Luego las áreas cloróticas, al hacerse más numerosas, se fusionan y forman rayas de color amarillo claro, paralelas a la nervadura central, desde el ápice hasta la vaina. Estos síntomas están acompañados de un secamiento descendente de las hojas, siendo más notorio cuanto más joven sea la planta. Las plantas afectadas tienen menos macollas y presentan enanismo (CIAT, 1985; Calvert *et al*., 1998; Vivas, 1997; Vivas y Astudillo, 2008).

Los síntomas en las hojas, son bandas cloróticas que se fusionan haciendo que las hojas se tornen blancas. Cuando las plantas son infestadas en edades tempranas presentan enanismo y en casos severos, necrosis y muerte. En infecciones tardías, se puede afectar la panícula y reducir la calidad y número de granos por panículas. Cuando la infección ocurre después de la emergencia de la panícula, sólo se presenta una leve

reducción en la calidad y rendimiento. Durante los primeros años de la década de los 80, el control químico del insecto, no fue suficiente, para contener la presunta epidemia, provocando pérdidas económicas en el cultivo (Vargas, 1985).

Tradicionalmente el manejo, se ha centrado en el uso de insecticidas dirigidos al control del insecto; el uso indiscriminado de plaguicidas ha ocasionado el desarrollo de resistencia por parte del insecto, ocasionando aumento en costos de producción y daños a nivel ambiental (Velásquez *et al*., 1998; Torres y Capote, 2004). Sin embargo, se están utilizando otras formas de manejo, como la liberación de cultivares con tolerancia y/o resistencia al insecto y al virus (Zeigler *et al*., 1988; Álvarez *et al*., 2000; Vivas y Astudillo, 2008).

Se han planteado distintas teorías para tratar de explicar el tipo de resistencia para el virus y para su vector, sin embargo, actualmente se desconoce la base genética de la resistencia de la relación "Sogata-VHB" (Dávalos, 1997; citado por Labrín, 2007).

Algunos autores, han planteado que la resistencia de la planta tanto para el virus como para su insecto vector es de tipo poligénica (Zeigler *et al*., 1994; Pardey *et al*., 1996, Borrero *et al*., 2000). Factores como la antibiosis y antixenosis afectan la preferencia del insecto (Álvarez *et al*., 2000). La resistencia de la planta al virus resulta más compleja, puesto que involucra la interacción "Planta-Virus-Vector", donde esta se ve afectada por el número de vectores virulíferos por planta y la concentración de virus en los vectores (Cuevas-Pérez *et al*., 1992; Zeigler *et al*., 1994; Calvert *et al*., 2001; Labrín 2007).

Específicamente en Venezuela, el Sistema de Riego Río Guárico (S.R.R.G.) ubicado en Calabozo, estado Guárico se produce el 42% del total de arroz venezolano, en una superficie que representa el 21% del total nacional, según cifras del VI Censo Agrícola, 1999. No obstante, los esfuerzos en incrementar la productividad y la producción son limitados por las plagas del cultivo, las cuales pueden llegar a causar pérdidas de rendimiento de hasta un 35% de la producción. Dentro de estas plagas el complejo Sogata-Virus es considerado de importancia económica, puesto que el insecto causa daño directo o mecánico a la planta de arroz y en forma indirecta como transmisor del VHB (Vivas y Astudillo, 2005; Vivas *et al*., 2007; Vivas y Astudillo, 2008).

En este país se señaló una creciente incidencia del VHB, especialmente en el S.R.R.G., durante el año 1995 (Fonaiap, 1995), que se consideró de sumo cuidado, debido a que las variedades de arroz que se sembraban en la década de los años 90 eran susceptibles al VHB, por lo que una epidemia, podía causar grandes pérdidas en el cultivo. Desde entonces, se ha considerado a la zona de Calabozo, como de riesgo inminente de epidemia, en vista de ello, la sección de entomología del INIA, ha estado monitoreando y evaluando la incidencia del virus con el fin de determinar el porcentaje de virulencia en campo, para así, aportar datos valiosos en el manejo del complejo sogata-VHB.

En el trabajo, se pretende cuantificar los niveles de virulencia del insecto sogata, responsable de trasmitir el "VHB" en el cultivo arroz en el S.R.R.G y así poder estimar el posible riesgo de epidemia a los fines de alertar a los productores y entes involucrados en la producción del arroz, con el objeto de tomar las medidas de control y manejo necesarias.

En los objetivos de este trabajo se evaluó la incidencia de las plantas de arroz del VHB y las poblaciones del insecto vector de la enfermedad en siembras comerciales del S.R.R.G., durante los años 2003 a 2007.

En forma general se evaluó: 1) la incidencia del VHB y las poblaciones del insecto sogata en 3 sectores del S.R.R.G en la época de sequía en Calabozo, estado Guárico por espacio de 4 años; 2) la fluctuación poblacional inicial de sogata (30 días de edad del cultivo) en 10 parcelas del sistema arroz en el mismo período; 3) la incidencia del VHB y la población del insecto en 3 parcelas comerciales de arroz durante las épocas de sequía y lluvias; 4) la incidencia en campo (plantas del arroz) del VHB en 3 zonas del S.R.R.G.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo, se evaluó de la incidencia del VHB y la determinación de la fluctuación poblacional del insecto en diferentes parcelas de arroz del S.R.R.G y en lotes del INIA-Calabozo; fue analizada la información proveniente de observaciones de campo realizadas durante los años 2003 a 2007 en la zona arrocera de Calabozo, período durante el cual se ubicaron de 10 siembras comerciales de arroz y 2 lotes del INIA Guárico en la época de verano, cuando el insecto presenta las mayores poblaciones y el mayor daño (Vivas, 1997, 2002, 2003). Además, se evaluaron 3 parcelas comerciales de arroz durante la época de verano y 2 parcelas comerciales durante la época de invierno.

La información climática fue suministrada por la sección de Climatología del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del estado Guárico, ubicada en el kilómetro 28 de la Carretera Nacional, vía Apure a 73 m.s.n.m, longitud 67º 30' y latitud 8º 52'. En cuanto a las condiciones climáticas se diferencian en la zona 2 períodos bien marcados, uno de sequía y otro de lluvia. El primero coincide con la quema de soca y pastos viejos y la preparación de tierra a mediados de noviembre, finalizando casi con la cosecha del grano en mayo. Durante el período de sequía se riega el cultivo y la humedad relativa ambiental es de aproximadamente 60%. El segundo período comienza en mayo con las lluvias que se prolongan hasta los primeros días de octubre; en este período la humedad relativa es superior al 75% (Vivas, 1997; Vivas *et al*., 2009).

Entre las series de suelos predominantes destacan: a) serie Calabozo, b) serie Palmar, c) serie Banco, y d) serie Cachimbo. Las series predominante en donde se desarrollaron las evaluaciones se corresponden con las series Calabozo que presenta las siguientes características: franco arcilloso, arcilloso. Estos suelos prevalecen en las extensas sabanas que ocupan las zonas más bajas y sujetas a inundaciones o estancamiento de aguas prolongado. Se caracteriza por la textura pesada de sus horizontes, por el mal drenaje y tendencia al agrietamiento profundo durante el período seco y la serie Palmar con suelos: franco arcilloso, arcilloso. Estos suelos ocurren principalmente al pie de las sabanas altas y están sujetos a inundaciones intermitentes. Se caracterizan por la textura pesada de sus horizontes y el drenaje impedido (Vivas, 1997; Vivas y Clavijo, 2000).

Los conteos del insecto se realizaron a intervalos semanales empleando la malla entomológica; siguiendo los criterios que ha implementado la Sección de Entomología del INIA-Guárico para el Manejo de Plagas (Vivas, 1997; 2003; Vivas y Astudillo, 2005; Vivas *et al*., 2002; 2007), que consiste en realizar 5 pases dobles de malla entomológica por punto muestreado.

Se tomaron 10 muestras, en promedio, por campo muestreado, abarcando una superficie entre 5 a 10 ha en cada oportunidad. Los materiales genéticos evaluados fueron: Cimarrón; Fonaiap 2000, Fedearroz 50 y Fedearroz 2000 y Venezuela 21, entre otros.

Para el caso de la evaluación de la incidencia del VHB en arroz se realizó un muestreo en 0,5 metros cuadrados. Los lotes se evaluaron semanalmente tanto en la época de lluvia como en la época de sequía. Se tomaron de 10 a 12 puntos en cada conteo, en los cuales se registraba el número de hojas con el signo evidente del daño del VHB y el número total de hojas para estimar el porcentaje de infestación en campo.

Para determinar el riesgo potencial de una posible epidemia, se realizaron monitoreos para determinar el número de plantas infectadas por el VHB, además de los niveles poblacionales del insecto sogata transmisor del virus, en el S.R.R.G. Con el objeto de que la muestra fuera lo más representativa posible; el S.R.R.G se dividió en 3 sectores:

Sector	**Superficie ha aproximadas**
Carretera Nacional	12 000 ha
Carretera B	5 000 ha
La Candelaria (Fuera del S.R.R.G)	2 300 ha
Sector Herrera	1 000 ha
	20 300 ha

En cada sector se tomaron muestras que fluctuaron entre 1 y 2% de la superficie total de la siembra, en parcelas ubicadas al azar en dichos sectores. Para las capturas del insecto sogata se utilizó la red entomológica.

Metodología a seguir para la recolección de muestras:

El S.R.R.G. se dividió en 3 sectores; para lo cual fue ubicado en mapas cada uno de los sectores, seleccionando los lotes al azar; y colectando insectos adultos (machos y hembras) de *T. orizicolus* en lotes comerciales de 30 a 35 días después de la siembra (DDS). El número de sitios de muestreo dependió del tamaño del lote (10 sitios por lote), la captura de insectos se realizó en horas de la mañana entre las 8:00 y 10:00 a.m (cuando el arroz no presentaba rocío); no se colectaron insectos en días de lluvia. Fueron empleados bolsas de papel y se les agregó un algodón húmedo con alcohol para matar rápidamente los insectos; una vez regresado del campo, las muestras fueron congeladas, no refrigeradas; cada muestra se identificó de la siguiente manera:

S.R.R.G.___ Otro___ N° Parcela____Variedad___Edad del cultivo(dds)___ N° de insectos por 10 pases doble de malla ___ Fecha de colección___ Nombre del colector___

Evaluación en el campo (Malla entomológica)

Para la captura de adultos y ninfas se empleó la malla entomológica realizando 10 pases dobles de malla (un pase doble = uno de ida y otro de vuelta) según Vivas

(1997); Vivas *et al*. (2001, 2002). Después de recolectados los insectos se evaluó el porcentaje de incidencia del virus "VHB" de la siguiente manera:

Metodología para la evaluación de la incidencia del virus de la hoja blanca (VHB) en campo

En los mismos lotes donde se recolectaron los insectos, se realizó una evaluación de incidencia del virus VHB entre 55 a 70 DDS. Fueron tomados 10 puntos al azar dentro del lote, por cada punto se evaluó ½ m^2 y en cada uno de estos puntos, contando el número de hojas que presentaron síntomas del VHB y el número de hojas totales. El porcentaje de incidencia del VHB se calculó mediante la siguiente fórmula:

% incidencia VH = (N° Hojas con VHB/N° Total de hojas) x 100

Para el análisis estadístico se emplearon los paquetes de computación InfoStat (2004) y Statixtic (1990), empleando la prueba no parámetrica de Kruskal-Wallis, tomando como variables del modelo los valores de la incidencia del VHB para cada año de estudio y como factores o fuentes de variación de dicha prueba la población de adultos, las variedades, semanas del año y las parcelas. Así mismo, se le aplicó a los resultados la prueba de media para las mismas fuentes, con probabilidad ($P \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de las evaluaciones realizadas en las fincas comerciales y lotes de investigación de INIA Calabozo del rubro arroz, se presentan en los Cuadros 1, 2, 3, 4 y 5.

En el Cuadro 1 se identifican las parcelas inspeccionadas para la determinación de la incidencia en campo del VHB, número de hectáreas y promedio de individuos del insecto sogata capturados por pase doble de malla entomológica.

Fue notorio que la incidencia más alta se presentó en la Carretera Nacional, en la parcela 218, con un promedio cercano al 1,4%. No se observaron diferencias significativas entre las parcelas evaluadas ($P \leq 0,92$); el promedio para todas las zonas en estudio fue de 0,76%±0,26, bastante bajo, con relación al año 1999 (2,31), según lo estudiado por Vivas (1999).

Esta información coincide con la registrada por Marys y Carballo (2007) durante los años 2003 a 2005 en donde citan que la incidencia del virus en las zonas agroecológicas de Guárico y Portuguesa fue muy baja y manifiestan que puede deberse a la siembra extensiva con variedades de arroz resistentes a diversas enfermedades y/o a la baja incidencia del insecto vector (*T. orizicolus*) durante las estaciones de colecta.

Por lo tanto, se puede decir que el riesgo de una epidemia es bastante remoto; a pesar que sé sigue trabajando con variedades susceptibles al virus como la variedad Cimarrón.

Este material, que es altamente susceptible al VHB, pudiera ser muy afectado en caso de ocurrir una epidemia, con pérdidas en rendimiento cercanas al 50%, como ocurrió en los años 50 y 70 en sur América y el Caribe (Calvert *et al*., 1998; Gómez y Meneses, 1982; Tascón y García, 1985; Vivas, 1997; Vivas y Astudillo, 2008).

De la misma manera, la presencia del insecto en las parcelas inspeccionadas resultó ser bastante bajo con un promedio de 3,16±0,98 individuos por pase doble de malla entomológica, sin diferencias significativas entre parcelas ($P \leq 0,90$).

En el Cuadro 2 se presentan datos de la época de sequía, observados en el potrero 17 del INIA en la variedad comercial Cimarrón.

En esta parcela las poblaciones del insecto sogata se mantuvieron bastante bajas entre 0,3 y 2 individuos por pase doble de malla entomológica, no presentando diferencias significativas con respecto a las poblaciones del insecto en las semanas evaluadas ($P \leq 0,3345$).

El número promedio de hojas afectadas por el VHB, conseguidas en ese lote, fue de 0,15 a 1,5% de hojas por 0,5 metros cuadrados; no se observaron diferencias significativas con respecto a las poblaciones del insecto en las semanas evaluadas ($P \leq 0,312$).

En relación con el inicio de la población del insecto sogata y la aparición de la sintomatología característica del virus, transcurrieron aproximadamente de 30 a 33 d, de allí en adelante se observaron plantas con sintomatología.

Cabe mencionar que el rendimiento del lote en cuestión, se ubicó en 5 600 kg ha^{-1} y que la siembra se hizo relativamente temprano, sin necesidad de control de insectos. No se notó el efecto negativo del VHB sobre los rendimientos en el cultivo de arroz, como lo observado en el año 1998, donde los rendimientos no sobrepasaron los 4 000 kg ha^{-1} (Fonaiap, 1998; Vivas, 1999).

CUADRO 1. Incidencia promedio del virus de la hoja blanca por parcela en el S.R.R.G. Calabozo. Durante la época de verano. Años: 2003 a 2007.

Código por parcela	Parcela/Ubicación(*)	Incidencia % VHB (1)	N° hectáreas	N° sogata por pase doble (2)
1	P-590 La Candelaria	0,59 a	25	1,27 a
2	P-511 Santa María Tiz	0,47 a	35	2,56 a
3	P-218 (C.N)	1,45 a	40	3,93 a
4	P-215 (C.N)	0,84 a	50	1,41 a
5	P-178 (C.N)	0,75 a	35	3,96 a
6	P-152 (C.B)	0,64 a	45	3,84 a
7	P-160 (C.B)	0,77 a	35	3,86 a
8	P-163 (C.B)	0,80 a	35	3,77 a
9	P-173 (C.N)	0,71 a	40	4,06 a
10	P-173 (C.N)	0,67 a	50	3,43 a
11	Potrero15 (INIA)	0,68 a	20	3,14 a
12	Potrero17 (INIA)	0,70 a	35	2,72 a
	Total	**9,07**	**445**	**37,96**
	Prom. ± Desv.	**0,76 ± 0,26**	**37,08 ± 8,91**	**3,16 ± 0,98**

(*) C.N=Carretera nacional, C.B=Carretera "B", La Candelaria y el sector Santa María de Tiznados quedan fuera del S.R.R.G. Prom. ± Desv.= Promedio ± Desviación estándar

(2) Prueba de Kruskal-Wallis (P≤0,92) y (P≤0,90), respectivamente; Valores seguidos de una misma letra en la columna, no son significativamente diferentes al nivel de 5%.

En el Cuadro 3, con datos tomados en la parcela 152 del S.R.R.G y empleando la variedad comercial Fedearroz 50, sembrada en la época de sequía, se observó bajas poblaciones promedio del insecto sogata entre 0,34 y 2,10 individuos por pase doble de malla entomologíca, no presentando diferencias significativas con respecto a las poblaciones del insecto en las semanas evaluadas (P≤0,2893).

Estos datos coinciden con los resultados obtenidos en la misma parcela en los años 1997, 1998 y 1999 (INIA 2000). En relación con la incidencia del VHB, se notó que la cantidad de plantas afectadas por el virus, en promedio, varió entre 0,18 y 1,34%, muy bajos, no presentando diferencias significativas en las semanas evaluadas (P≤0,0851) muy similar a lo observado en el Cuadro 2.

En el Cuadro 4, con datos tomados en la parcela 152, con la variedad FEDEARROZ 50, durante la época de lluvias, se encontraron diferencias significativas (P≤0,04) entre las densidades del insecto y las semanas del 25 al 34 en comparación con el resto de las semanas evaluadas. El número de plantas afectadas por el virus se encontró entre 0,29 y 0,75, no se observaron diferencias significativas con una probabilidad (P≤0,98); muy similares a las observadas en la variedad Cimarrón (Cuadro 2) y en las parcelas mencionados en los Cuadros 2 y 3; datos estos que difieren a lo observado en los años 1995,1996 por Vivas (1997) en donde encontró un mayor porcentaje de plantas afectadas por el virus.

En el Cuadro 5, con datos de la parcela 218 y empleando la variedad Venezuela 21 durante la época de invierno, se observaron poblaciones del insecto sogata muy similares a las obtenidas en la misma época de lluvias, en el Cuadro 4, lográndose las mayores poblaciones del insecto en las semanas: 29, 33 y 34. En esta parcela se encontraron diferencias significativas (P≤0,04) entre las densidades del insecto y las semanas del 25 al 34 en comparación con el resto de las semanas evaluadas, en las cuales la población del insecto fue similar. De la misma manera, el número de plantas afectadas por el virus varió entre 0,52 y 0,74 muy similares a las observadas en el Cuadro 4.

La información que se presenta en los Cuadros 2, 3, 4 y 5 corrobora la información obtenida en el Cuadro 1. Se puede aseverar que las posibilidades de una posible epidemia del VHB, parecen bastante remotas en el S.R.R.G., coincidiendo con la información registrada por Marys y Carballo (2007) durante los años 2003 a 2005 para las zonas agroecológicas de Guárico y Portuguesa.

Las condiciones climáticas imperantes en la época de sequía entre los meses de enero a marzo en los años de estudio, fueron las siguientes: la temperatura máxima varió entre 34 y 36 ºC; la temperatura mínima: 22 y 24 ºC; la temperatura media: 26 y 29 ºC; la humedad relativa: 58 y 63%; la precipitación: 0,0 y 0,1 mm; cabe mencionar condiciones bastantes estables y durante la época de lluvia entre mayo y septiembre; la temperatura máxima varió entre 30 y 33ºC; la temperatura mínima: 23 y 24 ºC; la temperatura media: 26 y 28 ºC; la humedad relativa: 73 y 81%; la precipitación: 160 y 240 mm (Información aportada por la sección de Climatología del INIA Guárico).

CONCLUSIONES

- El insecto sogata, constituye la plaga más importante del sistema de riego río Guárico, presentando altas poblacionales durante los meses de febrero y marzo, en los cuales transmite el VHB.

CUADRO 2. Fluctuación poblacional promedio del insecto sogata (*T. orizicolus*) en el potrero 17 del INIA-Calabozo, variedad comercial Cimarrón. Promedio de un pase doble de malla entomológica y la incidencia en campo del virus de la hoja blanca. Años 2003 a 2007(*).

(*) fecha Variable	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
T. orizicolus (1)	1,00a	2,00a	0,50a	0,30a	2,00a	1,50a	1,00a	1,00a	0,40a	1,00a	0,00a
Pro.HojVHB/½m^2	--	--	0,15a	0,00a	0,50a	0,84a	1,15a	0,69a	--	--	--
(+)(2)	--	--	/325	/300	/355	/384	/370	/380			

(*) Evaluación semanal. Fechas de siembra: 20/11/03, 21/12/04, 28/11/05, 23/12/06. S = semana del año.
(+) Pro. Hoj VHB/ ½ m^2 = Promedio de Hojas con el virus de la hoja blanca por ½ metro cuadrado/ Total número de hojas. Promedio de 10 a 12 puntos muestreados semanalmente por año.
(1) (2) Prueba de Kruskal-Wallis (P≤0,334) y (P≤0,312), respectivamente. Valores seguidos de una misma letra en la columna, no son significativamente diferentes al nivel de 5%.

CUADRO 3. Fluctuación poblacional promedio del insecto sogata (*T. orizicolus*) en la Parcela 152 del S.R.R.G Calabozo, variedad comercial Fedearroz 50. Promedio por pase doble de malla y la incidencia en campo del virus de la hoja blanca por metro cuadrado. Año 2003 a 2007(*).

(*) fecha Variable	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
T. orizicolus (1)	0,74a	1,50a	1,36a	0,80a	1,40a	1,56a	2,10a	1,70a	1,52a	0,90a	0,34a
Pro.HojVHB/½m^2	0,0a	0,33a	0,87a	0,98a	1,34a	1,04a	1,02a	0,67a	0,50a	0,39a	0,18a
(+) (2)	/350	/345	/366	/348	/350	/354	/349	/378	/345	/330	/333

(*) Evaluación semanal, Fecha siembra: 22/11/2003, 18/11/2004, 25/11/2005, 30/11/2006.
S = semana del año.
(+)Pro. Hoj VHB/m^2 = promedio de hojas con el virus de la hoja blanca por metro cuadrado/ Total número de hojas. Promedio de 10 a 12 puntos muestreados semanalmente por año.
(1) (2) Prueba de Kruskal-Wallis (P≤0,2893) y (P≤0,0851), respectivamente. Valores seguidos de una misma letra en la columna, no son significativamente diferentes al nivel de 5%.

CUADRO 4. Fluctuación poblacional del insecto sogata (*T. orizicolus*) en la Parcela 152 del S.R.RG Calabozo, variedad comercial Fedearroz 50. Promedio de un pase doble de malla entomológica y la incidencia en campo del virus de la hoja blanca. Año 2003 a 2007(*).

(*) fecha Variable	S25	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S34	S35	S36	S37	S38
T. orizicolus (1)	4,7ab	3,9ab	2,4ab	8,50a	2,7ab	5,00a	2,1ab	2,9ab	0,40c	0,10c	0,20c	0,50c
Pro.HojVHB/m^2	0,29a	0,63a	0,69a	0,64a	0,59a	0,75a	0,56a	0,74a	0,69a	0,33a	---	---
(+) (2)	/350	/320	/312	/314	/325	/317	/316	/309	/307	/300		

(*) Evaluación semanal. Fecha de siembra: 19/05/03, 25/05/04, 30/05/05, 20/05/06. S = semana del año.
(+)Pro. Hoj VHB/m^2 = Promedio de Hojas con el virus de la hoja blanca por metro cuadrado/ Total número de hojas. Promedio de 10 a 12 puntos muestreados semanalmente por año.
(1) (2) Prueba de Kruskal-Wallis ($P \leq 0,04$) y ($P \leq 0,98$), respectivamente; Valores seguidos de una misma letra en la columna, no son significativamente diferentes al nivel de 5%.

CUADRO 5. Fluctuación poblacional del insecto sogata (*T. orizicolus*) en la Parcela 218 del S.R.RG Calabozo, variedad comercial Venezuela 21. Promedio de un pase doble de malla entomológica y la incidencia en campo del virus de la hoja blanca. Año 2005 a 2007(*).

(*) fecha Variable	S25	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S34	S35	S36	S37	S38
T. orizicolus	0,10c	0,10c	2,60b	1,50b	0,90c	4,2b	0,50c	0,60c	2,50b	7,3a	4,6b	2,5a
Pro.HojVHB/m^2 (+)	0,79a/305		0,74a/381	0,58a/309		---	0,70a/317	0,66a/317		0,57a/311	0,54a/319	
0,66a/303	0,52a/304		---	---								

(*) Evaluación semanal. Fechas de siembra: entre el 07 de mayo al 20 de mayo de los años de estudio. S = semana del año.
(+)Pro. Hoj VHB/m2 = Promedio de Hojas con el virus de la hoja blanca por metro cuadrado/ Total número de hojas. Promedio de 10 a 12 puntos muestreados semanalmente por año.

- Se detectó la presencia del virus de la hoja blanca en campos de arroz.

- El porcentaje de plantas infestadas en campo por el VHB en la época de sequía alcanzó niveles muy bajos entre 0,47 y 1,45% con un promedio de 0,76%±0,26.

- El porcentaje del VHB detectado en parcelas, tanto en la época de sequía como de lluvia, obtuvo niveles muy bajos entre 0,34 y 1,34% durante los años de estudio.

- Las poblaciones del insecto sogata se manifestaron bastante bajas tanto en verano como en invierno con poblaciones entre 1,27 y 4,06 con un promedio de 3,16±0,98 por pase doble de malla.

AGRADECIMIENTO

Se agradece la colaboración prestada por el personal técnico y de investigación del INIA Guárico sin el cual la realización del presente trabajo no hubiese podido realizarse.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, R., C. Gamboa, M. Triana, M. Duque y J. Silva y J. 2000. Mecanismo de resistencia a *Tagososdes orizicolus* Muir (Homoptera: Delphacidae) de tipo antibiótico y no preferencia en algunas líneas de arroz (*Oryza sativa*), Investigación Agrícola (5). Disponible en: http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/viewarticle.php?id=22&layou t=html. Fecha de consulta: 28-07-2008.

Asociación Cultivadores de Arroz (ACA). 2005. El arroz en la alimentación (en línea). Arroz (35). Disponible en: http://www.aca.com.uy/alimentacion/arrozenlaalimentacion.htm

Borrero, J., M. Chatel y M. Trina. 2000. Mejoramiento poblacional del arroz irrigado con énfasis en el virus de la hoja blanca. **In:** Guimarães, EP. ed. Avance en el mejoramiento poblacional en arroz. Santo Antônio de Goiás, BR, EMBRAPA. p. 105-118.

Calvert, L., Y. Lozano y F. J. Morales. 1994. Caracterización molecular del virus de la hoja blanca del arroz. Fitopatología Colombiana. 16:139-147.

Calvert, L. y L. A. Reyes.1998. Manejo del complejo "sogata-virus de la hoja blanca" en el cultivo del arroz. CIAT-CORPOICA-FEDEARROZ. Tríptico.

Calvert, L., L. A. Reyes y M. Cruz. 1998. Variedades recomendadas para áreas con riesgo de epidemias de virus de la hoja blanca. Cali, CO, CIAT. 5 p.

Calvert, L. y L. A. Reyes. 1999. Manejo del complejo "sogata-virus de la hoja blanca" en el cultivo del arroz. Plegable. CO, CORPOICA - FEDEARROZ - CIAT.

Calvert, L., R. Meneses, I. Lozano y M. Triana,. 2001. Caracterización del complejo del virus de la hoja blanca (VHB) y *T. orizicolus*: comprendiendo la genética de la resistencia en arroz a *Tagosodes orizicolus* y al virus de la hoja blanca. Informe anual. Cali, CO, CIAT. p.110-117.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1985. Arroz: Investigación y producción. Editores: Tascón, E. y García, D. CIAT-Colombia. 696 p.

Cuevas-Pérez, F., L. E. Berrío, G. Lema y M. Rubiano. 1992. Caracterización de variedades de arroz ante virus de la hoja blanca. Turrialba 42(2):249-257.

Labrín S., N. Y. 2007. Estudio de la resistencia en variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) venezolanas al virus de la hoja blanca. Tesis de maestría en Agricultura Ecológica. Turrialba, Costa Rica. 84 p.

FAO (Ita). 2004a. El arroz es la vida (en línea). Roma, IT, FAO. Disponible en: http://www.fao.org/newsroom/es/focus/2004/36887/index.html. Fecha de consulta: 07-10-2008.

FAO (Ita). 2004b. Rice and nutrition (en línea). Roma, IT, FAO. Disponible en: http://www.fao.org/rice2004/en/rice2.htm. Fecha de consulta: 08-10-2008.

FAO (Ita). 2006. Seguimiento del mercado del arroz (en línea). Roma, IT, FAO. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/ag068s/ag068s00.pdf. Fecha de consulta: 08-10-2008.

FAOSTAT. 2006. PRODSTAT (en línea). Roma, IT, FAO. Disponible en: http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx. Fecha de consulta: 12-10-2008.

Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 1995. Informe Anual de la Sección de Entomología. INIA Guárico. Calabozo, Guárico. 19 p.

Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP). 1998. Informe Anual de la Sección de Entomología. Estación Experimental Guárico. Calabozo, Guárico. 62 p.

Galvéz, G. E. 1968. Transmission studies of the hoja blanca virus with highly active, virus free colonies of *Sogatodes orizycola*. Phytopathology 58:818-821.

Gómez, S. J. y C. R. Meneses. 1982. Dinámica de la población del insecto sogata *Sogatodes orizicola* (Muir) (Homoptera: Delphacidae) en la zona arrocera de *Sancti spiritus*, Cuba. Revista Centro Agrícola. 9(1):7-16.

Gramene. 2006. Gramene species: cereal statistic (en línea). US. Disponible en: http://www.gramene.org/species/cereals.html. Fecha de consulta: 10-10-2008.

INFOSTAT. 2004. InfoStat versión 2004. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 200 p.

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 2000. Informe Anual de la Sección de Entomología. INIA Guárico. Calabozo, Guárico. 67 p.

Malaguti, G. 1956. La "hoja blanca", extraña enfermedad del arroz en Venezuela. Agronomía Trop. 6(3):141-145.

Malaguti, G., H. Díaz y N. Ángeles. 1956. La "hoja blanca" del arroz. Agronomía Trop. 6(4):157-163.

Marys, E. y O. Carballo. 2007. Desarrollo de una herramienta de diagnóstico para el virus de la hoja blanca del arroz en Venezuela. INCI. [online]. 32(4):262-265. Disponible en: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000400011&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0378-1844. Fecha de consulta: 14-04-2008.

Morales, J. F. and A. I. Niessen. 1983. Association of spiral filamentous virus like particles with rice hoja blanca. Phytopathology 73(7):971-974.

Morales, J. F., J. Arrollave, A. C. Velasco y M. Castaño. 1995. Caracterización parcial del virus del "entorchamiento" o "necrosis rayada" del arroz en Colombia. Fitopatología Colombiana 19(1):48-54.

Morales, J. F. 1996. La hoja blanca del arroz. Arrocero Moderno: con el mejor entorno ambiental. Julio: 48-52.

Pantoja, A., A. Fischer, F. Correa-Victoria, L. R. Sanint y A. Ramírez. 1997. MIP en Arroz: Manejo integrado de plagas; Artrópodos, enfermedades y malezas. Calí, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Trop. (Publicación CIAT N° 292). 141 p.

Pardey, C., F. Cuevas-Pérez, D. Baena y C. Martínez. 1996. Caracterización de la resistencia al daño mecánico de *Tagosodes orizicolus* (Muir) (Homoptera: Delphacidae) en doce cultivares de arroz (*Oryza sativa*). Revista Colombiana de Entomología 22(1):37-43.

STATIXTIC. 1990. Paquete computacional. Analytical Software. All Rights Reserved. Segunda edición. 100 p.

Tascón, E y D. García. 1985. Arroz: Investigación y Producción. CIAT, Cali, Colombia. 696 p.

Torres, D. y D. Capote. 2004. Agroquímicos un problema ambiental: uso del análisis químico como herramienta para el monitoreo ambiental. Ecosistemas: revista científica y técnica de ecología y medio ambiente (3). Disponible en: http://www.revistaecosistemas.net /pdfs/50.pdf. Fecha de consulta: 13-10-2008.

Vargas, J. P. 1985. La hoja blanca: Descalabro de CICA-8. Arroz, Bogota, Colombia. 34:18-19.

Velásquez, A., E. Funes, L. López. 1998. Evaluación de la incidencia del virus de la hoja blanca en arroz. Calabozo, FUNDARROZ. Disponible en: http://www.fundarroz.org.ve/boletin/11-98/page4.html. Fecha de consulta: 24-03-2008.

Vivas, L. E. 1997. Dinámica poblacional del insecto sogata (Tagosodes orizicolus, M) en el Guárico occidental. Tesis de Maestría. Maracay, Ven. Universidad Cenral de Venezuiela. Facultad de Agronomía. 147 p.

Vivas, L. E. 1999. Las plagas del arroz. Boletín Resiembra. Año 1, Nº 2. 7 p.

Vivas, L. E., S. Clavijo y H. González. 2001. Distribución temporal y espacial en poblaciones de sogata (*Tagosodes orizicolus* [Muir 1926] Homoptera: Delphacidae) y número óptimo de muestras para su estimación en el cultivo de arroz, en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Investigación Agrícola (6). Disponible en: http://www.redpavfpolar.info.ve/danac/viewarticle.php?id=25&layout=html. Fecha de consulta: 22-07-2005.

Vivas, L. E., L. Lugo, M. Acevedo y S. Clavijo. 2002. Determinación de la preferencia de *Tagosodes orizicolus* (MUIR) 1926 (Homoptera: Delphacidae) sobre variedades de arroz en Calabozo, estado Guárico, Venezuela, Investigación Agrícola (7). Disponible en: http://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/viewarticle.php?id=33. Fecha de consulta: 15-05-2005.

Vivas, L. E. 2003. Manual de insectos plagas del arroz. INIA -Syngenta. Maracay, Venezuela. Primera edición. 30 p.

Vivas, L. E. 2006. Plagas agrícolas de Venezuela: artrópodos y vertebrados: Saltahojas del arroz *Tagosodes orizicolus* Muir 1926 (en línea). SVE, Sociedad Venezolana de Entomología. Disponible en: http://www.plagas-agricolas.info.ve/fichas/ficha.php?hospedero=58&plaga=55. Fecha de consulta: 20-06-2007.

Vivas, L. E., y D. Astudillo. 2005. Determinación del daño mecánico ocasionado por poblaciones controladas del insecto *Tagosodes orizicolus* sobre la variedad comercial Cimarrón en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Bol. Soc. Venez. Cien. Nat. 154:47-60.

Vivas, L. E. y D. Astudillo. 2008. Enfermedades virales transmitidas por la familia Delhacidae con énfasis en el insecto sogata (Tagosodes orizicolus). Revista Digital INIA HOY N° 1, enero-abril. URL: http://www.inia.gov.ve/index.php?option=com_content&task=view&id=460 dirección electrónica de la página del artículo. Fecha de consulta: 07-12-2008.

Vivas, L. E., D. Astudillo y L. Campos. 2007. Evaluación de la eficacia del insecticida Etofenprox 10,9% para el control del insecto sogata (*Tagosodes orizicolus*) (Muir) 1926 (Homoptera : Delphacidae) en el cultivo de arroz, en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Agronomía Trop. 57(4):287-297.

Vivas, L. E., D. Astudillo y L. Campos. 2009. Evaluación del insecticida Thiamethoxan 25% para el manejo del insecto sogata en el cultivo de arroz en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Agronomía Trop. 59(1):89-98.

Zeigler, R. S., M. Rubiano and A. Pineda. 1988. A field screening method to evaluate rice breeding lines for resistance to hoja blanca virus. Annals of Applied Biology 112:151-158.

Zeigler, R. S. and F. J. Morales. 1990. Genetic determination of replication of rice hoja blanca virus within its planthopper vector, *Sogatodes orizicola*. Phytopathology 80(6):559-566.

Zeigler, R. S., A. Pantoja, M. C. Duque and W. Weber. 1994. Characteristics of resistance in rice to rice hoja blanca virus (RHBV) and its vector *Tagosodes orizicolus* (Muir). Annals of Applied Biology 124:429-440.

Agronomía Trop. 59(4): 469-479. 2009

VARIACIÓN DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO EN UN TRANSECTO ALTITUDINAL DE LA SIERRA DE SAN LUÍS, ESTADO FALCÓN

VARIATION OF SOIL BIOLOGICAL ACTIVITY IN AN ALTITUDINAL TRANSECT OF LA SIERRA DE SAN LUIS, FALCON STATE

José Pastor Mogollón* y Alicia Martínez**

*****Profesor. Universidad Experimental Francisco de Miranda (UNEFM). Departamento de Ciencias Ambientales.
**Profesora. Instituto Universitario de Tecnología Alfonso Gamero (IUTAG). Departamento de Química.
Estado Falcón. E-mail: jmogollon15@gmail.com - aliciaemogollon@yahoo.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue estudiar la variación de la respiración basal (RB), el carbono de la biomasa microbiana (C-BM) y la actividad ureásica (AU) del suelo, como producto de cambios asociados a la vegetación, en un transecto altitudinal en la Sierra de San Luís, estado Falcón. Las áreas de muestreo fueron: La Chapa (LC) a 720 m.s.n.m.; San Diego (SD) a 1 000 m.s.n.m.; Santa Lucía (SL) a 1 100 m.s.n.m.; El Palenque (EP) a 1 200 m.s.n.m.; Macanillas (M) a 1 320 m.s.n.m., y Cerro Galicia (CG) a 1 400 m.s.n.m. En cada lugar se tomaron 6 muestras de suelos compuestas, a una profundidad de 0-10 cm. Los resultados indican diferencias entre los sitios, estadísticamente significativas ($P<0,05$). La mayor RB se observó en CG y M, con valores de $23,8 \pm 5,0$ y $18,3 \pm 2,9$ µg $C\text{-}CO_2$ g^{-1} suelo h^{-1}, respectivamente. El C-BM del suelo tuvo un rango promedio de $739,1 \pm 81,3$ a $2\,849,5 \pm 362,5$ µg Cmic g^{-1}suelo, encontrándose los mayores valores, en los sitios de mayor altitud. Con respecto a la AU del suelo, ésta presentó la misma tendencia de los parámetros anteriores, observándose la mayor actividad enzimática en M ($160,3 \pm 20,6$ µg NH_4 g^{-1} suelo 2 h^{-1}) y los valores más bajos en LC ($14,7 \pm 1,9$ µg NH_4 g^{-1} suelo 2 h^{-1}). Se encontraron correlaciones positivas y significativas de la RB, el C-BM, y la AU con el carbono orgánico del suelo (CO). La actividad biológica del suelo está relacionada a la altitud, y su influencia en los parámetros climáticos, así como en el tipo de cobertura vegetal, en la cantidad y calidad de la materia orgánica del suelo.

Palabras Clave: Actividad ureásica; respiración edáfica; biomasa microbiana; gradiente altitudinal.

SUMMARY

The objective of this paper is to study the variation that exists in the biological activity of the soil in an altitudinal transect, product of changes associated to the vegetation, and precipitation levels in each one of the points of the gradient. The soil biological activity was quantified through the soil basal respiration, the microbial biomass carbon, and the urease activity. Six sites of sampling were selected along the transect La Chapa-Curimagua, of "Sierra de San Luis", Falcon State. The sampling sites were the following ones: La Chapa to 720 m a.s.l.; San Diego to 1 000 m.a.s.l.; Santa Lucia to 1 100 m a.s.l.; El Palenque to 1 200 m.a.s.l.; Macanillas (M) to 1 320 m a.s.l., and Cerro Galicia (CG) to 1 400 m a.s.l. In each one of these sites, six composite soil samples were collected, to a depth of 0-10 cm. The greater soil basal respiration was observed in CG and M with values of 23.8 and 18.3 µg $C\text{-}CO_2$ g^{-1} soil h^{-1}, respectively. The soil microbial biomass had a rank from 739 to 2 849 µg Cmic g^{-1}, being the greater values, in the sites of greater altitude. With respect to the soil urease activity, this displayed the same tendency of the previous parameters, being observed the greater enzyme activity in M (160.30 µg NH_4 g^{-1} soil $2h^{-1}$), and the lowest values in LC (14.71 µg NH_4 g^{-1} soil $2h^{-1}$). The content of organic carbon in soil studied, as well as the soil biological activity, is influenced by changes in the vegetation and changes in the precipitation patterns.

Key Words: Urease activity; edaphic respiration; microbial biomass; altitudinal gradient.

RECIBIDO: mayo 19, 2009

ACEPTADO: marzo 10, 2010

INTRODUCCIÓN

La actividad biológica es considerada como un índice de la fertilidad de los suelos, Alef, 1995. Varias son las metodologías desarrolladas para cuantificar la misma, resultando de gran interés práctico la determinación de la biomasa microbiana (BM), ya sea a través de medidas directas, así como la medición de parámetros fisiológicos, tales como la respiración inducida por sustrato (Sparling y West, 1990). También, la actividad enzimática en el suelo constituye otro método para evaluar tanto la fertilidad actual como potencial de este recurso natural (Parinkina *et al*., 1994).

En el caso de la respiración edáfica, se considera que la oxidación biológica de carbono orgánico (CO) en el suelo ocupa una posición clave en el ciclo global del carbono (C) y representa la principal forma mediante la cual el C fijado retorna a la atmósfera. Así mismo, la medida del C-CO_2 permite evaluar la actividad total de un suelo o la transformación de un determinado sustrato (Cabrera y Crespo, 2001).

La influencia del relieve es un factor determinante en la variación de los niveles del CO del suelo, tanto en cantidad como en calidad (Stevenson, 1982), porque en muchos casos, con la altitud se manifiestan cambios en las características del mismo (pH, humedad, contenido de macro y microelementos, textura), en la precipitación, la temperatura y el tipo de vegetación, lo cual influye también en la BM y por ende en la actividad microbiológica de éste.

Sanchez *et al*. (2005) encontraron una variación en el contenido de la MO de los suelos estudiados con respecto a la altitud. Los mayores valores de CO se observaron en la zona más alta y los menores de éstos en la zona intermedia. Estos autores señalan, que el contenido y la composición del CO en los suelos estudiados, así como la actividad microbiológica, están influenciados por la altitud, la cual está asociada a diferencias en la vegetación, temperatura, humedad, precipitaciones y características de los suelos.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la variación de la actividad biológica del suelo, estimada a través de la RE, el C-BM y la actividad ureásica (AU), en relación a la altitud, como producto de cambios asociados a la vegetación, a los niveles de precipitación y temperatura en cada uno de los espacios del gradiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características de los sitios de muestreo

Los suelos evaluados en este estudio, se encuentran ubicados en la Hoya de Curimagua, estado Falcón. Se seleccionaron 6 sitios a lo largo del eje carretero La Chapa-Curimagua (Cuadro 1).

Los sitios de muestreo fueron los siguientes: La Chapa (LC) ubicada a una altura de 720 m.s.n.m., una precipitación promedio anual de 780 mm $año^{-1}$, una temperatura promedio (TP) anual de 26 ºC; San Diego (SD) a 1 000 m.s.n.m., una Pp de 900 mm $año^{-1}$ y una TP anual de 22 ºC; Santa Lucía (SL) a 1 100 m.s.n.m., una Pp de 950 mm $año^{-1}$ y una TP anual de 22 ºC; El Palenque (EP) a 1 200 m.s.n.m., una Pp de 1 100 mm año, y una TP anual de 20 ºC; Macanillas (M) a 1 320 m.s.n.m., una Pp de 1 150 mm $año^{-1}$ y una TP anual de 18 ºC y Cerro Galicia (CG) a 1 400 m.s.n.m., una Pp de 1 200 mm $año^{-1}$, y una TP anual de 18 ºC.

CUADRO 1. Características edafoclimáticas y de vegetación de los sitios estudiados en el gradiente altitudinal.

Sitio	Altitud (m.s.n.m.)	Precipitación (mm/año)	Temperatura(°C) (Promedio/año)	Zonas de vida (Holdridge)	Clasificación taxonómica suelos
La Chapa	720	650	26	Bosque seco premontano	Ustic Torriorthens
San Diego	1 000	900	22	Bosque húmedo premontano	Oxic Distropepts
Santa Lucia	1 100	950	22	Bosque húmedo premontano	Typic Distropepts
El Palenque	1 200	1 100	20	Bosque muy húmedo premontano	Typic Distropepts
Macanillas	1 320	1 150	18	Bosque muy húmedo premontano	Typic Distropepts
Cerro Galicia	1 400	1 200	18	Bosque muy húmedo premontano	Typic Distropepts

Los diferentes sitios de muestreo corresponden a diferentes zonas de vida (Holdridge, 1967), las cuales son las siguientes: LC es un bosque seco; SD y SL son bosques húmedos premontanos; EP, M y CG pertenecen a la zona de vida bosque muy húmedo premontano.

Muestreo del suelo

Las muestras fueron colectadas en febrero de 2007, correspondiente a la época seca para la zona de estudio. En cada sitio del eje carretero se tomaron 6 muestras compuestas, las cuales se obtuvieron de un área experimental de 10 x 30 m demarcada en un bosque natural o poco intervenido. El área experimental se dividió en 6 subparcelas de 50 m^2 cada una. En cada subparcela se muestreó el suelo en 6 puntos seleccionados aleatoriamente, con igual volumen y a una profundidad de 0-10 cm y con estos 6 se conformó la muestra compuesta. La misma, se dividió en 2 porciones, una secada y otra tamizada (2 mm) para realizar las mediciones de parámetros químicos y físicos del suelo. La otra fracción fue tamizada (2 mm) y conservada en la nevera a 4°C para posteriormente realizar los análisis biológicos.

Análisis físico-químicas del suelo

El carbono total del suelo se determinó mediante oxidación húmeda con ácido sulfúrico concentrado-dicromato de potasio y posterior titulación con sulfato ferroso amoniacal (Walkley y Black, 1934). El nitrógeno total (Nt) por medio del método de Kjeldhal (Bremner, 1960). El pH se midió en agua en una relación 1:2. El fósforo disponible (P disp) se estimó por espectrofotometría, usando el método del complejo azul de molibdato (Murphy y Riley, 1962). El aluminio intercambiable (Al^{3+}) se concretó mediante extracción con KCl 1N y posterior titulación con NaOH 0,1N (McLean, 1982). Las fracciones granulométricas se determinaron mediante el método del hidrómetro (Bouyoucos, 1962).

Análisis biológico del suelo

La actividad ureásica (AU) del suelo se midió a través del método de Kandeler y Gerber (1988), basado en la determinación del amonio liberado, cuando una muestra de suelo es incubada con urea como sustrato.

La respirasión basal (RB), se midió de acuerdo al método descrito por Alef (1995), fundamentado en CO_2 liberado durante la incubación del suelo (al 60% de la capacidad de campo) en un sistema cerrado, en un tiempo específico. El CO_2 se capturó en una trampa de solución de NaOH, la cual se tituló posteriormente con HCl. El carbono de la biomasa microbiana (C-BM) se obtuvo por el método de la respiración inducida por sustrato (Anderson y Domsch, 1978), el que se fundamenta al estimular la respiración de los microorganismos del suelo adicionando a este medio un sustrato fácilmente degradable, como la glucosa.

El CO_2 producido durante la incubación del suelo con el sustrato, en un sistema cerrado, se captura en un vial con solución de NaOH, la cual es titulada posteriormente con HCl. Adicional a estos parámetros, se estimaron 2 índices de la actividad biológica del suelo como es la relación de C-BM, el CO (C-BM/CO *100) y el cociente metabólico del suelo (qCO_2) que expresa el vínculo entre la respiración microbiana (µg C-CO_2) y la cantidad de biomasa microbiana (BM; µg C g^{-1} suelo) por unidad de tiempo (hora).

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos, se utilizó un diseño completamente aleatorio, con el piso altitudinal como la variable de clasificación. Los datos estadísticos se realizaron basado en el programa InfoStat versión 1,1 (2002). La varianza, prueba de medias de Tukey y análisis de regresión lineal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físico-químicas del suelo

El Cuadro 2 presenta los valores medios de carbono orgánico (CO), nitrógeno total, pH, fósforo disponible, aluminio intercambiable, porcentaje de arcilla y arena en los 6 sitios estudiados.

Carbono total del suelo

Se observa que los valores de CO variaron entre 2,37% LC y 4,77% CG (Cuadro 2). Éstos son similares a los encontrados por Mogollón *et al*. (1997), en un trabajo realizado en la misma zona de estudio (Hoya de Curimagua, a 1 040 m.s.n.m.), donde se reportan valores de 3,26% en suelo de cafetales, bajo vegetación de un bosque húmedo premontano.

Comparando el CO entre los sitios, se encontró una correlación positiva y altamente significativa entre la altitud y el contenido de CO ($r = 0,96$; $P<0,001$) en los suelos estudiados. Esto podría explicarse por el mayor

volumen de residuos orgánicos observados en la superficie de estas parcelas, en comparación a los otros sitios estudiados, ya que existe una cobertura vegetal más densa y abundante en M y CG.

En la literatura, la relación que existe entre la producción primaria neta de bosques húmedos tropicales y la tasa de producción de residuos, la cual aumenta con la altitud y las precipitaciones (Clark *et al*., 2001; Hashimoto *et al*., 2000). En este estudio, el CO también mostró una correlación positiva y significativa con los valores de precipitación (r= 0,95; P<0,001), y una correlación negativa y significativa con la temperatura (r= –0,94; P<0,001), al igual que lo reportado por Ochoa *et al*. (1981).

Nitrógeno total del suelo

Con respecto al Nt, los valores encontrados mostraron la tendencia siguiente: SD=SL>EP>M>LC=CG (Cuadro 2); esto indica que no hay una correlación entre el Nt y el CO (Nt= 0,32 – 0,02 * CO; r= -0,28; P= 0,09). Los mayores valores encontrados en SD y SL podrían estar relacionados a la calidad de los residuos aportado por la vegetación al suelo, hojarasca y raíces. Al respecto, Mogollón *et al*. (1997) señalan diferencias significativas en la cantidad de N disponible y el Nt del suelo, en cafetales bajo diversos árboles de sombra en San Diego, estado Falcón, con igual porcentaje de CO, con mayores valores en cafetales bajo sombra de leguminosa que en las cítricas.

En el estudio, la variación en la composición de las especies en estos sitios experimentales se vinculan a la variabilidad del nitrógeno, más que a la influencia que pueda tener la altura. Al respecto, Tremont y Cuevas (2004) señalan que la presión antrópica sobre los bosques a través del madereo selectivo, causa cambios en la composición florística y estructura del bosque, lo cual se puede reflejar en las variaciones de los valores en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo en un mismo tipo de bosque.

pH del suelo

El pH está asociado inversamente proporcional con la altura; expresan relevancias muy representativas entre los sitios (P<0,05; Cuadro 2), los menores valores corresponden a las mayores alturas. Ésto se relaciona a los valores más altos de precipitación registrados en los sitios de mayor altura, ya que la mayoría de los suelos del gradiente estudiado son de tipo distróficos (Cuadro 1), implicando un lavado de las bases cambiables del suelo. Las precipitaciones que superan los valores de evaporación en más de la mitad del año, favorecen la lixiviación de las bases cambiables del suelo y por tanto la su acidificación (Sánchez *et al*., 2005).

CUADRO 2. Características físico químicas de los suelos estudiados en el gradiente altitudinal.

	Sitios estudiados					
Características	**La Chapa**	**San Diego**	**Santa Lucia**	**El Palenque**	**Macanillas**	**Cerro Galicia**
CO (%)	2,37 d	3,10 c	3,33 c	3,93 b	4,48 a	4,77 a
Nt (%)	0,17 c	0,33 a	0,31 a	0,25 b	0,20 bc	0,17 c
pH	6,67 a	5,43 b	5,53 b	5,48 b	4,67 c	4,72 c
P disp. (mg kg^{-1})	23,33 a	19,83 a	5,92 c	12,38 b	7,47 bc	3,93 c
Al^{3+} (Cmol.kg^{-1})	0,11 e	0,45 d	1,33 c	1,14 c	3,32 a	2,27 b
%A	44,67 a	33,33 c	25,50 d	33,33 c	38,67 b	26,17 d
%a	20,50 d	40,00 a	33,17 b	18,83 d	24,83 c	33,00 b
Textura	A	FA	F	FAL	A	FA

En cada fila, medias seguidas por letras diferentes, indican diferencias estadísticas a un nivel de significación del 5%, según la prueba de medias de Tukey (n=6).

Aluminio intercambiable

En este estudio se encontraron valores más altos de aluminio intercambiable (Cuadro 2) en los sitios de mayor altura M y CG, lo cual esta relacionado con los mayores valores de precipitación, favoreciendo el proceso de lavado de los cationes básicos del suelo (García-Miragaya y Herrera, 1971). Al mismo tiempo, se ha señalado en la literatura que en suelos ácidos con pH menores de 5, el aluminio intercambiable aumenta considerablemente, lo que a su vez implica una saturación del complejo de cambio con este elemento (De Rojas y Comerma, 1985). Esto concuerda con los datos encontrados en este estudio, donde los suelos de M y CG presentaron valores de pH menores de 5, y los valores de Al^{3+} más altos en comparación al resto de los suelos estudiados (Cuadro 2).

Fósforo disponible

Los niveles de fósforo disponible fueron más bajos según aumentaron los niveles de Al^{3+} intercambiable en el suelo. Estas bajas concentraciones de P podrían estar asociadas a la condición de acidez de estos suelos, con porcentajes de saturación con aluminio mayores al 50% (López-Hernandez, 1977) y posiblemente a la fijación del P por el Al del suelo, formando compuestos insolubles (Quirós y González, 1979). El análisis granulométrico indica que en 5 de las 6 zonas estudiadas, los suelos presentan un alto contenido de arcilla, en comparación con los porcentajes de arena.

Parámetros biológicos del suelo

Actividad ureásica

En este estudio los valores más altos de la actividad ureásica (AU) se encontraron en M y CG (Cuadro 3), con valores de 160,30 y 149,07 µg NH_4 g^{-1} suelo $2h^{-1}$, respectivamente; y los más bajos en LC y SD (14,71 y 28,77 µg NH_4 g^{-1} suelo $2h^{-1}$) existiendo una alta correspondencia con los valores de CO para cada uno de los sitios evaluados. La AU se correlaciona significativamente ($r = 0,90$; $P<0,05$) con el CO del suelo (ver Figura). Similares resultados fueron señalados por Mogollón y Tremont (2002).

La mayor AU en ecosistemas boscosos, en comparación a otros, estaría dada por la mayor acumulación de material vegetal y contenido de MO y BM. Al respecto, Deng y Tabatabai (1996) señalan que la distribución de esta enzima en el suelo es reflejo de la MO y de una mayor actividad de la BM. La mayor humedad del suelo y acumulación de MO fresca en los suelos de bosque tiende a incrementar las actividades enzimáticas, ya que el producto de la degradación del material vegetal facilita la entrada de C y N al sistema, que sirve como fuente de energía, sobre todo para aquellas enzimas relacionadas con los ciclos del C y N (García-Gil *et al*., 2004). La AU del suelo es considerada un agente importante para la mineralización de N en sistemas terrestres. La AU puede ser, en la mineralización de N, hasta 3 veces más eficaz que los procesos de amonificación (Nielsen *et al*., 1998).

CUADRO 3. Propiedades biológicas de los suelos estudiados en el gradiente altitudinal.

Sitio	Ureasa µg NH4 g^{-1} suelo $2h^{-1}$	C-BMµg Cmic g^{-1} suelo	Respiración Basal µg C-CO_2 .g^{-1} suelo h^{-1}	C-BM/CO (%)	qCO2µg C-CO^2/ µg Cmic. h x 10^3
La Chapa	14,71 c	739,04 c	1,53 e	3,13 c	2,06 c
San Diego	28,77 c	1 008,18 c	2,07 e	3,24 c	2,13 d
Santa Lucia	90,97 b	1 887,10 b	6,97 d	5,68 b	3,77 cd
El Palenque	104,96 b	2 849,50 a	11,97 c	7,25 a	4,32 c
Macanillas	160,30 a	2 755,10 a	18,35 b	6,14 ab	6,81 b
Cerro Galicia	149,07 a	2 635,08 a	23,88 a	5,53 b	9,27 a

En cada columna, medias seguidas por letras diferentes, indican diferencias estadísticas a un nivel de significación del 5%, según la prueba de medias de Tukey (n=6).

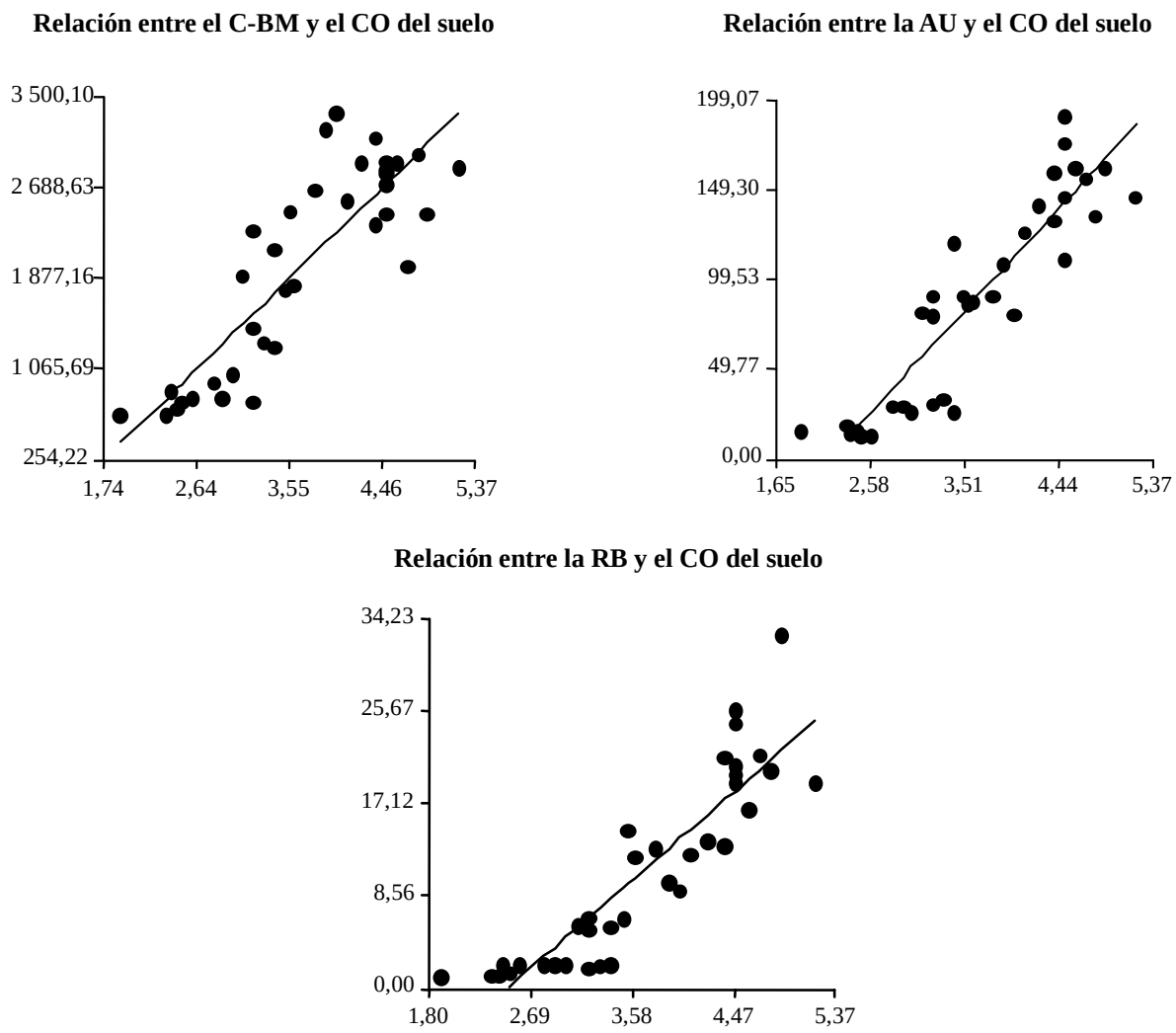


FIGURA. Relación entre las propiedades biológicas del suelo y el contenido de carbono orgánico en los suelos del gradiente altitudinal.

Respiración basal del suelo

En el Cuadro 3 se aprecian los valores referidos a la RB en los suelos estudiados. Estos valores oscilan entre $1,53 \pm 0,48$µg C-CO2 g^{-1} suelo h^{-1} en LC y $23,88 \pm 5,0$µg C-CO_2 g^{-1} suelo h^{-1} en CG, existiendo diferencias significativas entre las tasas de RB en los diferentes pisos altitudinales estudiados ($r = 0,85$; $P<0,001$). Los valores más altos de RB encontrados en CG y M, indican que existe en estas zonas una mayor actividad de los microorganismos del suelo.

Similares resultados fueron encontrados por Sánchez *et al*. (2005), quienes vinculan esta mayor actividad a los mayores porcentajes de CO, en los sitios de mayor elevación, indicando que niveles más altos de CO se traduce en una mayor fuente de energía y de nutrimentos para los microorganismos, lo cual contribuye a su desarrollo y a una actividad microbiológica más alta, que se refleja en una mayor producción de CO_2.

Se encontró una correlación positiva y significativa entre la RB y el contenido de CO (Figura 1; $r = 0,89$; $P<0,001$), lo que apunta que mientras más alto es el contenido de CO, mayor es la actividad microbiológica en la zona.

La RB se considera un parámetro útil en la medida de la actividad biológica del suelo. Se obtiene mediante el

cociente entre el C-CO_2 emitido durante el experimento de respiración, y el tiempo de duración del mismo. Con este parámetro se pretende conocer el estado biológico del suelo a partir del C-CO_2 desprendido en un tiempo determinado.

Carbono de la biomasa microbiana

Los valores del C-BM determinados en los suelos estudiados varían entre 739 y 2 635 µg C g^{-1} de suelo (Cuadro 3). Estos valores son similares a los encontrados por Tremont y Cuevas (2004) quienes reportan minerales entre 500 y 3 300 µg C g^{-1} de suelo, en un bosque húmedo premontano. Sin embargo, resultaron mucho más altos, a los valores sañalados por Zamora *et al*. (2005) para suelos de una zona de bosque espinoso tropical, donde los valores oscilaron entre 600 y 1 300 µg C g^{-1} de suelo.

En los suelos evaluados, se presentaron diferencias altamente significativas entre pisos altitudinales para esta variable (Cuadro 3). Los valores más bajos de C-BM se encontraron en LC (739,04 µg C g^{-1} de suelo), coincidiendo con menores contenidos de CO (2,37%). Así mismo no hubo mayores cambios en los valores de C-BM para los sitios CG, M y EP, indicando los valores más altos de este parámetro en comparación al resto de los sitios evaluados.

Igualmente, esto se corresponde con los mayores valores de CO, por lo que podemos señalar que existe una correlación positiva y significativa entre el CBM y el CO del suelo (Figura 1; r = 0,86; P<0,05). Diversas investigaciones comprobaron que existe una relación directa entre la reducción del contenido de CO y la disminución del C-BM. Haynes (2000), indica que mientras mayor es la pérdida de CO de un suelo, más pequeña resulta su BM. La explicación que se ha dado a este hecho se basa en que el C-BM es una de las fracciones lábiles y fácilmente degradables de la MO, y con mayor susceptibilidad de ser perdida (Hart *et al*., 1988).

El carbono microbiano (CM) se refiere al carbono contenido en los microorganismos presentes en el suelo (Unigarro *et al*., 2005). La medida de la BM es un procedimiento básico para los estudios ecológicos del suelo (Sánchez *et al*., 2005). La cantidad de BM del suelo y los cambios estacionales sufridos por ella, van a estar influidos por la cantidad de MO del suelo, por factores climáticos, uso de la tierra y por las característica físico-químicas del suelo (Dalal, 1998; Zoog *et al*., 1997).

Carbono de la biomasa microbiana/carbono orgánico total

En el caso de los suelos estudiados, la relación C-BM * 100/CO varió entre 3,13 (LC) y 7,25% (EP; Cuadro 3), presentando diferencias significativas entre los sitios estudiados. Estos resultados coinciden con lo señalado por Tremont y Cuevas (2004), quienes reportaron valores en un suelo mineral de un bosque nublado tropical, entre 3,0 y 7,2%. Se ha señalado en la literatura que las medidas de la BM están entre el 1 y el 5% (Alef y Nannipieri, 1995), sin embargo, en este trabajo que evidencian valores mayores al 5%.

El cociente C-BM*100/CO, representa el carbono asociado a la fracción viva de la MO, expresado como porcentaje del CO total del suelo. Este cociente ha sido propuesto como un indicador sensible de los cambios en la MO del suelo (Hart *et al*., 1989). En Venezuela, Ruiz y Paolini (2004) señalan valores de este índice entre 1,4 y 4,1% para suelos agrícolas lacustrinos. Así mismo, en un estudio realizado en un bosque nublado, Sánchez *et al*. (2005) determinan valores de este índice de 5,53%.

La relación C-BM*100/CO ha sido propuesta como un indicador del carbono potencialmente disponible, permitiendo comparar el estado y modificaciones de la MO del suelo (Bauhus *et al*. 1998). Esta fracción lábil de la MO del suelo es además la principal fuente de nutrimentos tanto para los microorganismos como para las plantas (Cuevas y Medina, 1998). Las variaciones de esta relación entre especies, períodos del año y estrato de suelo indican diferentes vías y tasas de circulación de nutrimentos en el ecosistema así como diferentes estrategias ecofisiológicas, lo cual en su conjunto pudieran delimitar el rango de tolerancia del ecosistema a eventos ambientales o manejos antrópicos.

Cociente metabólico

Los suelos estudiados presentaron valores del qCO_2 relativamente altos, en comparación a los reportados por Sánchez *et al*. (2005) quienes indican valores para suelos de bosques que oscilan entre 0,96 a 3,08 µg C-CO_2 μg^{-1} Cmic.h. En este estudio se encontraron valores altos en los sitios CG y M (9,27 y 6,81 µg C-CO2 μg^{-1} Cmic.h, respectivamente), donde probablemente exista un estrés edáfico producto de la extrema acidez de estos suelos (Cuadro 3; pH de 4,72 y 4,65, en ambos), así como también el aluminio intercambiable del suelo que presenta valores de 2,27 y 3,32 Cmol kg suelo, para CG y M, consecutivamente. Al realizar un análisis de correlación

entre el cociente metabólico del suelo y el pH y Al^{3+} intercambiable se encontraron las siguientes ecuaciones de regresión:

$$qCO_2 = 21,60 – 3,11 (pH); r=-0,72; P<0,005$$
$$y\ qCO_2 = 1,24 - 2,68 (Al^{3+}); r=-0,85; P<0,005$$

Esto corrobora la hipótesis del estrés edáfico que debe estar existiendo en estos sitios, producto de la acidez del suelo sobre la actividad microbiana del suelo. Los valores más bajos de qCO_2 se encontraron en los sitios SD (2,13 $\mu g\ C\text{-}CO_2\ \mu g^{-1}$ Cmic.h) y LC (2,06 $\mu g\ C\text{-}CO_2\ \mu g^{-1}$ Cmic.h), los cuales presentaron valores de pH de ligeramente ácidos a neutros (5,73 y 6,63, respectivamente). Wardle y Ghani (1995) explican que los valores de qCO_2 tienden a incrementarse por efecto del estrés originado por limitaciones de nutrimentos o bajo pH. Así mismo, existe una correlación positiva y significativa entre la temperatura y el relación qCO_2, (r=0,85; P<0,005) lo cual refleja que también existe una menor eficiencia de la BM del suelo, en los sitios de menor temperatura.

El cociente metabólico (qCO_2), que relaciona la respiración ($C\text{-}CO_2$) y la cantidad de C-biomasa por unidad de tiempo, fue descrito por primera vez por Anderson y Domsch (1985) como un índice sencillo de la actividad biológica del suelo; está basado en la hipótesis de la optimización energética de los ecosistemas, derivada de la teoría ecológica de Odum (1985) sobre la sucesión de los ecosistemas y la eficiencia metabólica de la microflora edáfica. Así, en ecosistemas jóvenes (inmaduros) el valor de qCO_2 debe ser elevado, y es bajo al referirse a ecosistemas maduros; es decir, la relación entre la respiración total y la biomasa total de un ecosistema debe disminuir progresivamente a medida que el ecosistema alcanza el estado de equilibrio o de estabilidad (Doran y Parkin, 1994), salvo que las condiciones sean adversas para el buen funcionamiento del mismo.

Valores más altos de qCO_2 podrían indicar una menor calidad de los sustratos y una disminución en la eficiencia de los microorganismos. De modo que para mantener a la comunidad microbiana en un estado estable, debe descomponerse una fracción más recalcitrante del carbono y en consecuencia, más CO_2 por unidad de biomasa es liberado (Anderson y Domsch, 1990).

Los resultados encontrados en este trabajo son coincidentes a los reportados por Sánchez *et al*. (2005), quienes indican valores más altos del cociente metabólico del suelo, en zonas de mayor altitud correspondientes a un bosque nublado, en comparación a una sabana y un bosque de galería, atribuyendo estas diferencias al pH del suelo, el cual resultó más ácido en los suelos del bosque nublado.

CONCLUSIONES

- La altitud, así como el contenido de CO del suelo, influyó decisivamente en la actividad biológica del suelo. El contenido de CO correlacionó positivamente con la actividad biológica global del suelo, en el gradiente estudiado.
- Los suelos estudiados presentaron valores relativamente altos del carbono de la BM en relación al carbono total (C-BM/CO), lo cual hace suponer que se trata de una materia orgánica lábil, siendo una fuente potencial de nutrimentos para las plantas y microorganismos en los ecosistemas.
- Tratándose de suelos distróficos, la BM representa un compartimiento sumamente importante en el proceso de mineralización de nutrimentos y su disponibilidad para las plantas.
- La estimación del cociente metabólico, y su estrecha relación con la acidez del suelo, hace suponer la existencia de un estrés edáfico, fundamentalmente por los bajos valores de pH, los altos valores de aluminio intercambiable, y las más bajas temperaturas, en los sitios de mayor altura.
- Todas las variables biológicas mostraron diferencias significativas con respecto a la altura, encontrándose los mayores valores en los sitios ubicados a mayor altitud, lo cual esta asociado a diferencias en la vegetación, temperatura y precipitación, así como a algunas características de los suelos.

BIBLIOGRAFÍA

Alef, K. 1995. Dehidrogenase activity. **In:** Alef, K y P. Nannipieri (Eds.). Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press, Harcourt Brace & Company Publishers. London. England. pp. 228-231.

Alef, K. 1995. Soil respiration. **In:** Alef, K., y P. Nannipieri. (Eds). Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press, Harcourt Brace & Company Publishers. London. England. pp. 214-217.

Anderson, J. P. 1982. Soil respiration. **In:** Page, A.L, R.H. Miller (Eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison, Wl. p. 831-871.

Anderson, T. H. and K. H. Domsch. 1990. Application of ecophysiological quotients (qCO_2 and qD) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. Soil Biol. Biochem. 22:251-255.

Anderson, T. H. and K. H. Domsch. 1985. Determination of ecophysiological maintenance carbon requeriments of soil microorganisms in a dormant state. Biol. Fertil. Soils. 1:81-89.

Anderson, J. P. and K. H. Domsch. 1978. A physiological method for the Quantitative measurement of microbial biomass in soil. Soil. Biol. Biochem. 10:215-221.

Aranguren, J., G. Escalante and R. Herrera. 1982. Nitrogen cycle of tropical perennial crops under shade trees. I. coffee. Plant and Soil. 67:247-258.

Bauhus, J., D. Pare and L. Cote. 1998. Effects of tree species, stand age and soil type on soil microbial biomass and activity in a southern boreal forest. Soil Biol. Biochem. 30:1 077-1.089.

Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. Agron. J. 54:464-465.

Bremner, J. M. 1960. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. J. Agr. Sci. 55:1-23.

Cabrera, G. y G. Crespo. 2001. Influencia de la biota edáfica en la fertilidad de los suelos en ecosistemas de pastizales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 35:3-5.

Chapman, H. P. 1965. Cation-exchange capacity. **In:** Black, C.A. et al (Ed). Methods of soill analysis. II. Chemical and microbiological properties. Amer. Agr. Madison, Wisconsin. E.U. PP: 891-901.

Clark, D., S. Brown, D. Kicklighther, J. Chambers, J. Thomlinson, J. Ni and E. Holland. 2001. Net primary production in tropical forest: an evaluation and synthesis of existing field data. Ecological Applications. 11:371-384.

Contreras, F., C. Rivero y J. Paolini. 1995. Efecto de la incorporación de residuos orgánicos y dos tipos de labranza sobre la actividad de la ureasa en un Alfisol. Venesuelos. 3:2-6.

Cuevas, E. and E. Medina. 1998. The role of nutrient cycling in the conservation of soil fertility in tropical forested ecosystems. **In:** Ecology Today: An anthology of contemporany Ecological Research. Gopal B., Patahak P. S. Saxena K. G. (edi.). International Scientific Publications, New Delhi: 263-278.

Dalal, R. C. 1998. Soil microbial biomass: what do the number really mean?. Aust. J. Exp. Agric. 38:649-665.

Deng, S. and M. A. Tabatabai. 1996. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils. II Glycosidases. Biol. Fertil. Soils. 22:208-213.

Doran, J.W. and T.B. Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. In: J. Doran, D. Coleman, D. Bezdicek, & B. Stewart. SSA Sp. Pub. 35, Madison.

García-Gil, J; C. Plaza, N. Senesi, G. Brunetti, and A. Polo. 2004. Effects of sewage sludge amendment of humic acids and microbiological properties of a semiarid Mediterranean soil. Biol. Fertil. Soils. 39:320-328.

García-Miragaya, J. y R. Herrera. 1971. Propiedades físicas, químicas y mineralógicas de una clinosecuencia de suelos ácidos. Agronomía Trop. 21:411-420.

Hart, P., J. August, and A. West. 1989. Long-term consequences of topsoil mining on select biological and physical characteristics of two New Zealand loessial soils under grazed pasture. Land Degrad Rehabil 1:77-88.

Hart, P., J. August, C. Ross and J. Julian. 1988. Some biochemical and physical properties of Tokomaru silt loam under pasture and after 10 year of cereal cropping. New Zealand J. Agric. Res. 31:77-86.

Hashimoto, T., K. Kajima, T. Tange, and S. Sasaki. 2000. Changes in carbon storage in fallow forest in tropical lowland of Borneo. Forest Ecology and Management. 126:231-237.

Haynes, R. J. 2000. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zealand. Soil Biol. Biochem 32:211-219.

Holdridge, L. R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.

Infostat. 2002. Infostat versión 1.1 Manual del ususario. Grupo Infostat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Ed. Brujas. pp: 61-90.

Kandeler, E and H. Gerber. 1988. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. Biol. Fertil. Soils 6, 68-72.

López-Hernández, D. 1977. La química del fósforo en suelos ácidos. Universidad Central de Venezuela, ediciones de la Biblioteca. Caracas, Venezuela. p. 123.

Martínez-Cruz, A., M. Carcaño-Montiel, y L. López-Reyes, L. 2002. Actividad biológica en un transepto altitudinal de suelos de La Malinche, Tlaxcala. Terra. 20:141-146.

Mc Lean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. **In:** Page AL, Miller RH, Keeney DR (eds). Methods of Soil Analysis, parte 2. Am Soc. Agron., Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, pp. 199-224.

Mogollón, J. P. y O. Tremont. 2002. Efecto del cambio de uso de la tierra sobre la actividad ureásica en agroecosistemas cafetaleros del estado Falcón. Croizatia. 3:16-25.

Mogollón, J. P., J. García-Miragaya, L. F. Sánchez, N. Chacón y J. Araujo. 1997. Nitrógeno potencialmente disponible en suelos de cafetales bajo diferentes árboles de sombra. Agronomía Trop. 47:87-102.

Murphy, J. and J. P. Riley. 1962. A modified single extraction solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytical Chimica Act. 27:31-36.

Nielsen, T., T. Bonde and J. Sorensen. 1998. Significance of microbial urea turnover in N cycling of three Danish agricultural soils, FEMS Microbiology Ecology. 25:147-157.

Ochoa, G., J. Oballos, J. Sánchez, J. Sosa, J. Manrique y J. Velásquez. 1981. Variación del carbono orgánico en función de la altitud. Cuenca del río Santo Domingo. Mérida- Barinas, Venezuela. Rev. Geog. Venez. 41:79-87.

Ochoa, G., D. Malagón y J. Pereyra. 1981. El contenido de materia orgánica, nitrógeno total y factores que los afectan en algunos suelos de Venezuela. CIDIAT, SC-44. 9 p.

Odum, E. 1985. Trends expected in stressed ecosystems. BioScience. 35:419-422.

Parinkina, O., N. Klyuyuba and L. Petroba. 1994. Biological activity and effective fertility of soil. Eurasian Soil Sci. 26:73-82.

Parker, G. 1994. Soil fertility, nutrient acquisition, and nutrient cycling. En McDade L, Bawa KS, Hespenheide HA, Harshorn GS (Eds.). La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest. University of Chicago Press. Chicago, EEUU. pp. 53-63.

Quirós, S. y M. González. 1979. Neutralización del aluminio intercambiable y aprovechamiento del fósforo en tres suelos de Costa Rica. Agron. Costarr. 3:137-149.

Rojas, I. de y J. Comerma. 1985. Caracterización de los suelos ácidos de Venezuela basada en algunas propiedades físicas y químicas. Agronomía Trop. 35:83-110.

Ruíz, M. y J. Paolini. 2004. El cultivo y el agua de riego sobre el carbono de la biomasa microbiana. Agronomía Trop. 54:161-178.

Sánchez, B., M. Ruiz y M. Ríos. 2005. Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. Agronomía Trop. 55:507-534.

Sardans, J. and J. Peñuelas. 2004. Drought decreases soil enzyme activity in a Mediterranean Quercus ilex L. forest. Soil Biol.Biochem.37:455-461

Tremont, O. y E. Cuevas. 2004. Carbono orgánico, nutrientes y cambios estacionales de la biomasa microbiana en las principales especies de dos tipos de bosques tropicales. Multiciencias. 4:96-103.

Unigarro, A., H. Burbano y M. Sánchez. 2005. Evaluación de la calidad de suelos *Dystric Cryandept* en el Santuario de Flora y Fauna Galeras, Nariño. Acta Agronómica. 54:7-12.

Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the method for determinig soil organic matter and a proposed modification of the chromi acid titration method. Soil Sci. 37:29.

Wardle, D., and A. Ghani. 1995. A critique of the microbial metabolic quotient (qCO_2) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. Soil Biol. Biochem. 27:1 601-1 610.

Zamora, F., J. P. Mogollón y N. Rodríguez. 2005. Cambios en la biomasa microbiana y la actividad enzimática inducidos por la rotación de cultivos en un suelo bajo producción de hortalizas en el estado Falcón, Venezuela. Multiciencias. 5:62-70.

Zoog, G., D. R. Zack, D. Ringelberg, N. MacDonald, K. Pregitzer and D. White. 1997. Compositional and functional shifts in microbial communities due to soil warming. Soil Sci. Soc. Am. J. 61:475-481.

EFECTO DEL TAMAÑO DEL BOTÓN FLORAL SOBRE LA INDUCCIÓN DE EMBRIONES SOMÁTICOS EN CACAO[1]

EFFECT OF THE FLOWER BUD LENGTH ON COCOA SOMATIC EMBRYOGENESIS[1]

Andy A. Díaz-López*, Rosalía Velásquez Salazar* y Marilú Chirinos*

[1] Trabajo financiado por FUNDACITE-Aragua.
* Profesores. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía (UCV-FAGRO). Instituto de Genética. Apto. 4579. Maracay 2103, estado Aragua. Venezuela. E-mail: andiaz@gmail.com, urdanet2@telcel.net

RESUMEN

Los métodos de propagación tradicionales (sexual y asexual) en el cultivo de cacao, *Theobroma cacao* L., no resultaron ser los más convenientes debido a que se producen plantas con características agronómicas indeseables para los productores. Actualmente, el proceso de embriogénesis somática (ES) pareciera ser la vía más idónea para la regeneración de plantas de cacao de importancia económica, sin embargo, la obtención de ES no es posible para muchos genotipos porque es un cultivo recalcitrante y la inducción está influenciada por muchos factores. En la investigación, se buscó determinar el efecto que tiene la longitud del botón floral (BF) sobre el proceso de inducción de embriones somáticos (IES) a partir de estructuras florales de cacao para los genotipos Ocumare-61, Ocumare-67, Choroní-42 y Choroní-163. Para la inducción de callos (IC) se utilizó el medio de DKW suplementado con TDZ y 2,4-D y 80 g l^{-1} de sacarosa. Las masas proembriogénicas fueron transferidas a un medio DKW suplementado con diferentes aminoácidos y KNO_3, bajo condiciones de oscuridad y a una temperatura de 27±2 ºC a objeto de permitir el desarrollo de los ES y disminuir la necrosis del tejido por efecto de productos fenolicos. Al mes de iniciado el cultivo, se observó una respuesta genotípica sobre la IC, donde la mejor respuesta fue observada en el genotipo OC-61, seguida por OC-67, CHO-42 y CHO-163, siendo este último el que mostró el menor porcentaje de formación de callos (FC) por unidad experimental. Así mismo, se notó una respuesta organogénica, formación de raíces, en todos los genotipos evaluados; no obstante, el porcentaje y número promedio de raíces por explante varió con el genotipo.

Palabras Clave: embriogénesis somática; estaminoides; organogénesis; cacao; *Theobroma cacao* L.

SUMMARY

The traditional propagation methods (sexual and asexual) in the cultivation of Cocoa, *Theobroma cacao* L., have not been the most convenient because plants grow up with undesirable agronomic characteristic by the producers. At present, the somatic embryogenesis seemed to be the most suitable way to produce cocoa plants of economic importance. However, obtaining ES is not possible for many genotypes because it is a recalcitrant crop and induction is influenced by a lot of factors. The objective of this study was determined the effect of the length of the flower bud (BF) has on the induction of cocoa somatic embryos (IES) from floral structure of the genotypes Ocumare-61, Ocumare-67, Choroni-42 and Choroni-163. The callus induction (IC) was achieved by staminodes explants growing in DKW medium supplemented with TDZ, 2,4-D y 80 g l^{-1} of saccharose. The proembriogenic structures were transferred to DKW medium supplemented with amino acids and KNO_3, under conditions of darkness and 27±2 ºC to object of induce the development of somatic embryos and to diminish the necrosis of the tissue by effect of phenolics products. After a month of culture a genotypic response was observed on the induction of callus, the best answer was observed in the genotype OC-61, continued by OC-67, CHO-43 and CHO-163. The last one showed the smallest percentage of formation of callus per experimental unit. An organogenic response was observed, roots formation, in all genotypes evaluated; when these callus were cultivated in a medium for embryos development, the percentage and average number of roots for explante varied with the genotype.

Key Words: organogenesis; somatic embryogenesis; staminodes; *Theoborma cacao* L.

RECIBIDO: marzo 05, 2009

ACEPTADO: agosto 18, 2009

INTRODUCCIÓN

El cacao, *Theobroma cacao* L., es una especie originaria de las regiones tropicales del norte de Sur América, que se cultiva en Venezuela desde la época de la colonia, estimándose que fue en el año 1525 cuando se inició el desarrollo del cultivo. Uno de los principales problemas que presenta, es la alta variabilidad observada en las plantaciones obtenidas por semilla, lo que ha llevado a considerar a la propagación asexual (estacas e injertación) como una vía para mantener la uniformidad de los materiales; no obstante, estos métodos no han resultado ser los más eficientes debido al dimorfismo vegetativo presente en la planta (Cope, 1976; Dublín, 1991; Li *et al.*, 1998; Motamayor *et al.*, 2002).

El cultivo *in vitro* o cultivo de tejidos pudiera representar una alternativa ante esta problemática, es posible lograr plantas completas a partir de pequeñas porciones de tejido vegetal o células, conservándose además las características deseadas. La embriogénesis somática (ES) es un proceso que permite obtener estructuras similares a embriones cigóticos a partir de tejido somático, garantizando una arquitectura dimórfica normal y un sistema radical profundo (Emons, 1994; Maximova *et al*., 2000). Este proceso está siendo ampliamente utilizado en la propagación de plantas de cacao en el ámbito mundial, logrando la inducción de embriones somáticos (IES) sólo para algunos genotipos a partir de diferentes tipos de explantes como son: pétalos, estaminoides y cotiledones (Salazar *et al.*, 1995; López-Baez *et al.*, 2000; Maximova *et al*., 2002; Alemanno *et al*., 2003; Traore *et al*., 2003).

En Venezuela, Velásquez *et al*. (2006) evaluaron el protocolo de Maximova *et al*. (2002) para conseguir ES en genotipos de importancia económica para el país, para ello, modificaron la cantidad de sucrosa y 2,4-D en el medio de cultivo, reportando que la IES a partir de explantes florales está influenciada por las condiciones del medio de cultivo, el genotipo y el tamaño del botón floral (BF).

En este sentido, la ES en cacao pudiera ser una herramienta para los investigadores del país que buscan el desarrollo de variedades de mejor calidad y mayor resistencia a condiciones ambientales adversas; y una respuesta a la necesidad de los productores que poseen plantaciones con alto número de árboles de avanzada edad, requiriendo de plantas jóvenes y uniformes, con características agronómicas deseables, de buena calidad y que contribuyan a la obtención de mayores rendimientos, los cuales se traduzcan en mejores ingresos y por ende, en una óptima calidad de vida.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos del Centro de Investigaciones en Biotecnología Agrícola (CIBA) ubicado en el Instituto de Genética de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. El material vegetal estuvo conformado por botones florales (BF) cerrados de diferentes longitudes (<3 mm, 3-5 mm, 5-6 mm y >6 mm), los cuales fueron tomados de plantas adultas de cacao de 4 genotipos promisorios, a saber: Ocumare-61, Ocumare-67, Choroní-42 y Choroní-163, los cuales se encuentran establecidos en la Estación Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) ubicada en Ocumare de la Costa, estado Aragua.

Los BF se recolectaron en horas de la mañana e inmediatamente se introdujeron en frascos de vidrio con agua fría, luego se colocaron en una cava con hielo para su posterior transporte hasta el laboratorio en donde se sometieron a un shock térmico por 30 min a 5 ºC. La desinfección se realizó con una solución de cloro al 20% por 10 min con agitación constante, el exceso de cloro fue eliminado con 3 lavados con agua destilada estéril cada 5 min.

Para la inducción de callos (IC), los estaminoides extraídos de los diferentes botones fueron implantados en un medio de cultivo constituido por las sales DKW (Driver y Kuniyuki, 1984) y suplementado con 22,7 nM TDZ (Thidiazuron), 4 mg l^{-1} 2,4-D (Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético) y 80 g l^{-1} de sacarosa, pH ajustado a 5,7 y 2 g l^{-1} phytagel. En esta fase se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo de tratamiento factorial 4 x 4 (4 genotipos y 4 tamaños de botón), en donde los bloques estuvieron representados por las repeticiones de cada uno de los tratamientos. Por tanto, se utilizaron 40 cápsulas de Petri por tratamiento, para un total de 160 cápsulas para los 4 genotipos (Cuadro 1).

Las condiciones de crecimiento de los explantes fueron de total oscuridad y una temperatura de 27±2 °C. En esta primera fase se realizó evaluaciones de tipo descriptivo de las masas de formación callos (FC; apariencia y color), así como también el porcentaje de explantes de los mismos.

Una vez FC, estos se transfirieron al medio de inducción de embriones de Lloyd y McCown suplementado con 2 mg l^{-1} 2,4-D, 2,5 mg l^{-1} kinetina, 50 ml de agua de coco y 80 mg l^{-1} de sacarosa, manteniendo las mismas condiciones de crecimiento.

CUADRO 1. Diseño de los tratamientos de longitud de los botones florales por genotipo utilizados en la etapa de inducción de callos y formación de raíces partir de los estaminoides.

Tratamientos	Longitud del botón floral (mm)	Genotipo
T1	< 3	Ocumare-61
T2	3 - 5	Ocumare-61
T3	5 - 6	Ocumare-61
T4	> 6	Ocumare-61
T5	< 3	Ocumare-67
T6	3 - 5	Ocumare-67
T7	5 - 6	Ocumare-67
T8	> 6	Ocumare-67
T9	< 3	Choroní-42
T10	3 - 5	Choroní-42
T11	5 - 6	Choroní-42
T12	> 6	Choroní-42
T13	< 3	Choroní-163
T14	3 - 5	Choroní-163
T15	5 - 6	Choroní-163
T16	> 6	Choroní-163

En esta fase, se evaluó la anatomía de los callos para determinar el estado de desarrollo de las masas proembriogénicas. Éstas se transfieren a un medio de cultivo constituido por las sales de DKW suplementado con 80 g l^{-1} de sacarosa, 0,3 g l^{-1} de KNO_3 y aminoácidos: arginina 0,044 mg l^{-1}, glicina 0,019 mg l^{-1}, leucina 0,033 mg l^{-1}, lisina 0,046 mg l^{-1} y triptófano 0,051 mg l^{-1}, manteniendo las mismas condiciones de temperatura. Después de 2 semanas en el medio los callos embriogénicos (CE) son transferidos a un medio básico de DKW y 80 g l^{-1} de sacarosa, con una exposición progresiva de luz, hasta llegar a un fotoperíodo 12/12 h luz/oscuridad.

Para el análisis estadístico de todas las variables, se realizó mediante una Prueba de Medias de Duncan, utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS) siguiendo la metodología de Santos *et al*. (2005) y una Prueba de Correlación de Spearman, para determinar la asociación entre las variables porcentaje de FC y raíces, y la longitud del BF utilizando el programa Statistix versión 8.0.

Con el objeto de inducir la diferenciación de los ES a partir de los CE, se le agregó al medio de cultivo 0,5 mg l^{-1} de BAP y la misma concentración de sacarosa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una semana después, los estaminoides fueron implantados en el medio de cultivo, observándose en la gran mayoría de ellos un incremento en el volumen, lo que representa un indicio de respuesta callogénica (Figura 1A). Así mismo, se apreció una incipiente formación de callos (FC) en algunos explantes dependiendo del tamaño del botón floral (BF). Se evidenció callos de color amarillo crema en aquellos estaminodios de mayor tamaño (5-6 mm y >6 mm) y cristalinos en los estaminodios de menor tamaño (<3 mm y 3-5 mm), que presenta además, una apariencia no compacta. (Figuras 1B y 1C).

A los 15 d, se descubren callos en un gran número de explantes, los cuales se mostraron de color blanco cristalino y amarillo crema, friables y de apariencia no compacta, creciendo generalmente en la parte basal del estaminoide (Figuras 1C, 1D y 1E).

La mejor respuesta callogénica para los genotipos y longitud de BF evaluados, la presentó un primer grupo formado por el tratamiento T_2 (OC-61/3-5 mm), observándose una FC en el 100% de los explantes, seguido por los tratamientos T_1, T_6 y T_8 con 92%, y en T_4, T_5, T_7, T_9 y T_{11} con un 88-80% de FC, los cuales se agruparon en un segundo grupo, por no encontrar diferencias significativas entre ellos. Así mismo, se observó un bajo porcentaje de inducción de callos (IC) en el genotipo CHO-163 para los tratamientos T_{16}, T_{15} y T_{13} con 65%, 56% y 20%, respectivamente; formándose así un tercer grupo homogéneo.

De acuerdo con los resultados observados durante la IC, se puede inferir que existe una respuesta dependiente del genotipo y tamaño del BF, la que fue demostrada por la Prueba de Medias de Duncan y la Prueba de Correlación de Sperman, a través de las cuales fue posible determinar 7 grupos homogéneos con diferencias estadísticas marcadas entre ellos y el grado de asociación entre las variables porcentaje de FC y longitud del BF; respectivamente, a un nivel de significación del 5% (Cuadros 2 y 3).

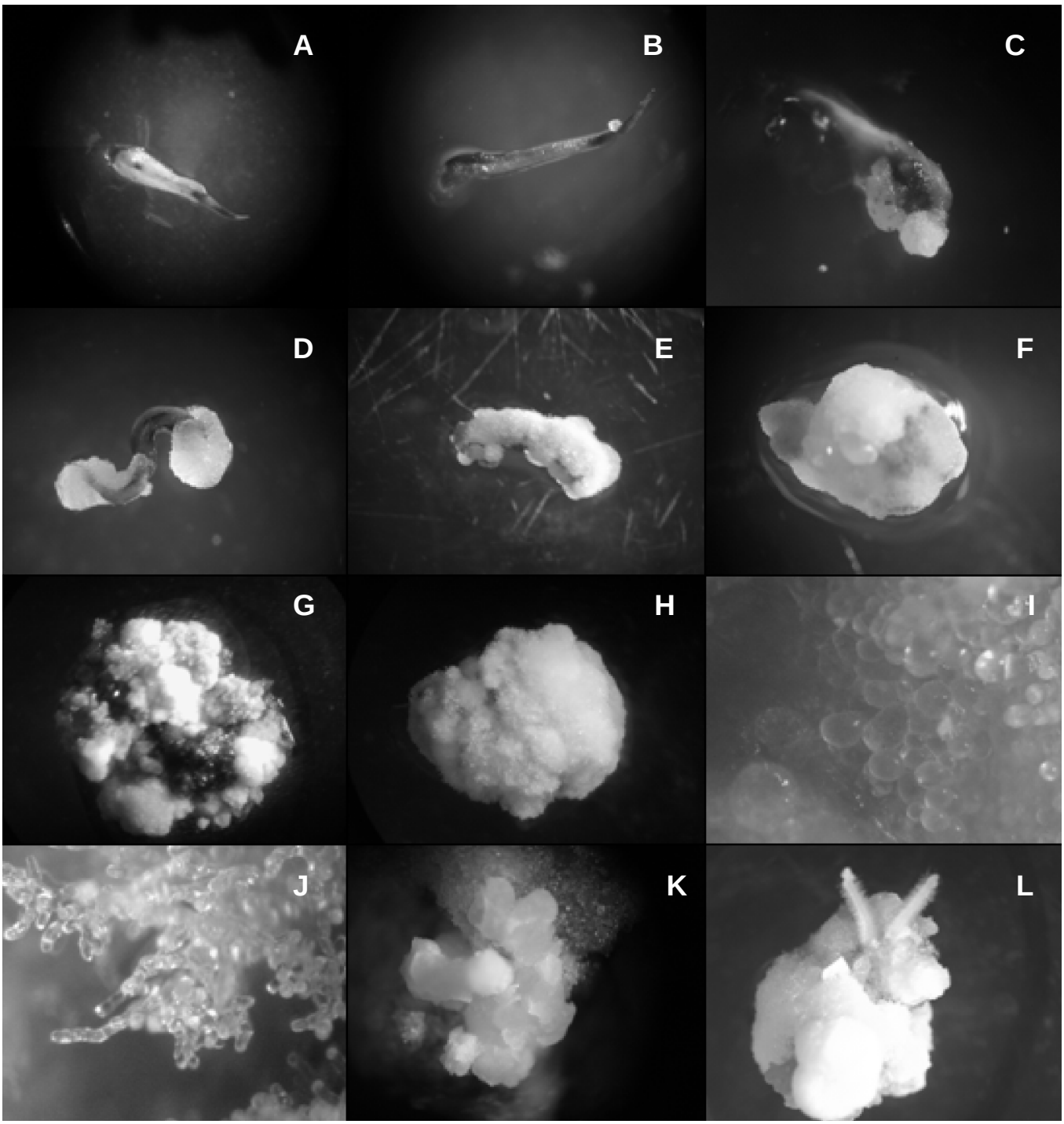


FIGURA 1. Secuencia en la formación de callos y raíces. **A:** Estaminoide a la semana de implantación en el medio de cultivo. **B:** Callos cristalino en estaminoide a los 15 d, botón de 3 - 5 mm de longitud. **C** y **D:** Callo amarillo crema a los 15 d, botón de 5 - 6 mm. **E:** Callo blanco, cristalino cubriendo parcialmente el explante. **F:** Callo amarillo crema, friable después de 15 d. **G:** Callo presentando necrosis no sincronizada. **H:** Callo blanco y compacto. **I:** Callo con formaciones globulares. **J:** Callo con formaciones alargadas. **K:** Callos con posible diferenciación de raíz. **L:** Callo Organogénico (presencia de raíces).

CUADRO 2. Porcentaje de explantes que formaron callos a los 15 y 22 días después de su implantación en el medio de cultivo.

	15 días				22 días			
GENOTIPO	**<3mm**	**3-5mm**	**5-6mm**	**>6mm**	**<3mm**	**3-5mm**	**5-6mm**	**>6mm**
OC-61	T_1 92ab	T_2 100a	T_3 56bcd	T_4 88ab	T_1 92ab	T_2 100a	T_3 68abc	T_4 88ab
OC-67	T_5 84ab	T_6 92ab	T_7 84ab	T_8 92ab	T_5 88ab	T_6 92ab	T_7 88ab	T_8 92ab
CHO-42	T_9 80ab	T_{10} 20cde	T_{11} 80ab	T_{12} 16de	T_9 92ab	T_{10} 20cd	T_{11} 80ab	T_{12} 32cd
CHO-163	T_{13} 20de	T_{14} NC e	T_{15} 56bcd	T_{16} 64abcd	T_{13} 40cd	T_{14} NC d	T_{15} 56bcd	T_{16} 68abc

NC = No hubo Formación de callos
Prueba de Duncan a = 0,05

CUADRO 3. Porcentajes de Correlación de Spearman para determinar asociación entre las variables porcentaje de formación de callos y longitud del botón floral.

Genotipo	Formación de callos-Long. Botón Floral r(P)*
OC-61	–0,0880 (0,7096)
OC-67	0,2275 (0,3309)
CHO-42	–0,3242 (0,1622)
CHO-163	0,6365 (0,0031)

r = Coeficiente de Correlación de Spearman
α = 0,05
* Valores entre paréntesis corresponden a la Probabilidad

En el Cuadro 3 se puede observar el coeficiente de correlación spearman y los valores de probabilidad de los mismos, para las variables porcentaje de FC y longitud del BF. Tenemos entonces, para los genotipos OC-61, OC-67 y CHO-42 que la probabilidad es menor que el valor de significación utilizado (α= 0,05) no existiendo correlación lineal o asociación entre las variables FC y longitud del BF, por lo que la FC no depende del tamaño del botón utilizado. Así mismo, se evidencia que para el genotipo CHO-163 el valor de probabilidad fue menor que el nivel de significación, estableciéndose así, una correlación lineal entre las variables FC y longitud del BF; por tanto, la FC depende de la longitud del botón. Como el coeficiente de correlación es positivo, puede decirse que a medida que aumenta la longitud del BF, aumenta la FC.

Estos resultados determinan que existe una influencia del genotipo sobre la respuesta a las condiciones de cultivo, coincidiendo con lo reportado por Li *et al*. (1998), quienes obtuvieron una alta FC para los genotipos del tipo Forastero (85-100%), mientras que para los genotipos del tipo Criollo el porcentaje de IC estuvo entre 6-20%. Por su parte, Velásquez (2006) obtuvo un porcentaje de IC de 4-60% al trabajar con genotipos del tipo Criollo usando las mismas concentraciones de 2,4-D y Sacarosa utilizadas en este trabajo.

Cabe señalar, que en ambos trabajos, se menciona un incremento en el volumen de los explantes, una semana después de su implantación *in vitro*, coincidiendo con los resultados de este trabajo y evidenciando el efecto del Thidiazuron y el 2,4-D en la estimulación de la división celular.

Con relación al tipo de fuente de carbono utilizada, se encontró que la sacarosa (80 g l^{-1}) favoreció la FC, coincidiendo con los resultados reportados por López-Báez *et al*. (2000), quienes probaron la eficiencia de diferentes fuentes de carbono, obteniendo una alta proporción de FC al utilizar la misma concentración de sacarosa, lo que conduce a pensar que esta fuente de energía está disponible de manera inmediata para el explante durante los procesos de división y diferenciación celular.

A los 15 d de transferidos los callos al medio LLoyd y McCown para inducir el crecimiento de callo secundario, se observó que los mismos mostraron un incremento en su tamaño (Figura 1F). Encontrándose, a los 22 d de cultivo una diversidad en el diámetro del callo con relación al tamaño del BF, de esta manera las FC a

partir de estaminoides provenientes de BF menor a 3 mm, tuvieron un diámetro comprendido entre 1,1-2,11 mm, aquellos provenientes de BF de longitud entre 3-5 mm indicó que el diámetro del callo estuvo entre 1,62-2,62 mm, en los botones de 5-6 mm de longitud el diámetro del callo fue de 1,98-3,75 mm, para los botones >6 mm y los callos tuvieron un diámetro de 1,33-3,03 mm.

Este incremento en el tamaño de las masas callosas pudo deberse a la influencia de las citocininas BAP y Kinetina, así como a la concentración de Sacarosa y 2,4-D utilizadas. De este modo, Chanatásig (2004) menciona la influencia de las citocininas BAP y Kinetina sobre el desarrollo de los callos.

A los 22 d de iniciado el cultivo, se pudo observar un incremento en el porcentaje de FC, manteniéndose la mejor respuesta para el genotipo OC-61 y tamaño del BF de 3-5 mm, seguido por los tratamientos T_1, T_6, T_8, T_9, T_4, T_7, T_5, y T_{11} con 92-80%, mientras que el genotipo CHO-163 mostró el menor porcentaje de explantes callogénicos con 40-46%. Desde el punto de vista estadístico, la Prueba de Medias de Duncan constató una disminución en una clases en comparación con la fase anterior a un nivel de significación del 5% (Cuadro 2).

Los callos provenientes de estaminoides de menor tamaño (<3 mm y 3-5 mm) presentaron inicialmente una apariencia cristalina y posteriormente a los 22 d de cultivo tomaron una coloración crema, conservando su apariencia no compacta. Las FC a partir de estaminoides de mayor tamaño (5-6 mm y >6 mm) mantuvieron sus características iniciales hasta los 28 d de cultivo, cuando algunos comenzaron a mostrar coloraciones castaño claras a oscuras, debido probablemente a la presencia de fenoles (Figura 1).

A los 35 d de cultivo se obtuvo una respuesta organogénica mediante la formación de raíces en callos de color blanco, cristalino y compacto (Figura 1H); notándose además, formaciones alargadas, ramificadas, traslúcidas y turgentes, así como redondeadas sobre la superficie del callo similares a embriones somáticos (ES) en estado globular; no obstante, estos no llegaron a desarrollarse como tal (Figuras 1I y 1J). Estos resultados contrastan con los obtenidos por Chanátasig (2004) quien logra la inducción de embriones somáticos (IES) a partir de callos con las características antes mencionadas y en proceso de necrosamiento.

Estos resultados de formación de raíces obtuvo en los genotipos evaluados (Figura 1K y 1L) contrastan con los señalados por Tan y Furtek (2003) y Alemanno *et al*. (1996) quienes observaron callos blancos, compactos y en una constante división celular sin lograr diferenciación alguna en órganos.

Una vez que los callos fueron transferidos a un medio con las sales de DKW suplementado con aminoácidos y KNO_3, la respuesta organogénica se incrementó en mayor número de explante, así como en el número de raíces (Figuras 2A, 2B y 2C).

Los datos mostrados en el Cuadro 4 señalan que existe también una respuesta genotípica dependiente del tamaño del BF durante la organogénesis, demostrándose 3 grupos con diferencias estadísticas como lo demuestra la Prueba de Medias de Tukey a un nivel de significación del 5%. En la Prueba de Correlación de Spearman, indica que no existe asociación o correlación lineal, entre las variables porcentaje de formación de raíces y la longitud del BF, debido a que en todos los genotipos evaluados, el valor de probabilidad fue mayor al nivel de significación utilizado, en pocas palabras ambas variables son independientes (Cuadro 5).

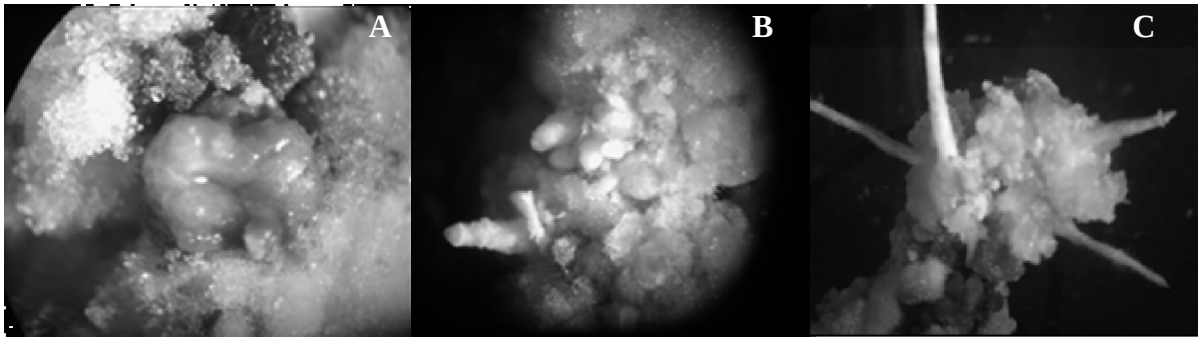


FIGURA 2. Secuencia del proceso de formación de raíces. **A:** Callo en proceso de diferenciación organogénica. **B:** Callo con varios brotes de raíz. **C:** Callo con raíces.

CUADRO 4. Porcentaje de callos organogénicos (presencia de raíces) después de 1 mes de iniciado el cultivo.

GENOTIPO	<3 mm	3-5 mm	5-6 mm	>6 mm
OC-61	12 bc	16 bc	0 c	48 a
OC-67	0 c	16 bc	4 bc	12 bc
CHO-42	8 bc	12 bc	36 ab	4 bc
CHO-163	0 c	0 c	0 c	12 bc

Prueba de Duncan; α= 0,05

CUADRO 5. Porcentajes de Correlación de Spearman para determinar asociación entre las variables porcentaje de formación de raíces y longitud del botón floral.

Genotipo	Formación de Raíces-Long. Botón Floral r (P)*
OC-61	0,4219 (0,0648)
OC-67	0,2453 (0,2932)
CHO-42	–0,0264 (0,9114)
CHO-163	0,3078 (0,1857)

r = Coeficiente de Correlación de Spearman
α = 0,05
* Valores entre paréntesis corresponden a la Probabilidad.

Así mismo, se aprecia una tendencia a la formación de raíces en CI a partir de los estaminodios provenientes de los BF de mayor tamaño (>6mm). No obstante, en aquellos tratamientos en donde el porcentaje de explantes organogénicos fue menor, el número promedio de raíces por explante resultó ser mayor. El genotipo CHO-42 tuvo un mayor número promedio de raíces por explante para el menor tamaño de BF (<3 mm), tendencia que se observa de igual manera en el genotipo OC-67, pero para la longitud de botón de 3-5 mm (Figura 3).

Todos estos resultados indican que existe una respuesta *in vitro* dependiente del genotipo, cálculos similares son presentados por varios autores (Li *et al*., 1998; López-Baez *et al*., 2000; Chanatásig, 2004; Velásquez, 2006).

Luego de permanecer más de un mes en el medio de DKW suplementados con aminoácidos, KNO_3 y 0,5 mg l^{-1} de BAP, las raíces formadas mostraron un incremento en su volumen y continuaron con la FC o en su defecto se necrosaron.

Antes estos resultados, se puede concluir que el 2,4-D y la fuente de carbono utilizada tuvieron un efecto sobre la respuesta organogénica del explante mediante la formación de raíces. Por su parte, Segura (1993) afirma que existen ciertos carbohidratos que regulan la respuesta morfogénica de los explantes cultivados *in vitro* como las oligosacarinas, las cuales ejercen efectos biológicos sobre las células no atribuibles a su papel como fuente de carbono y energía.

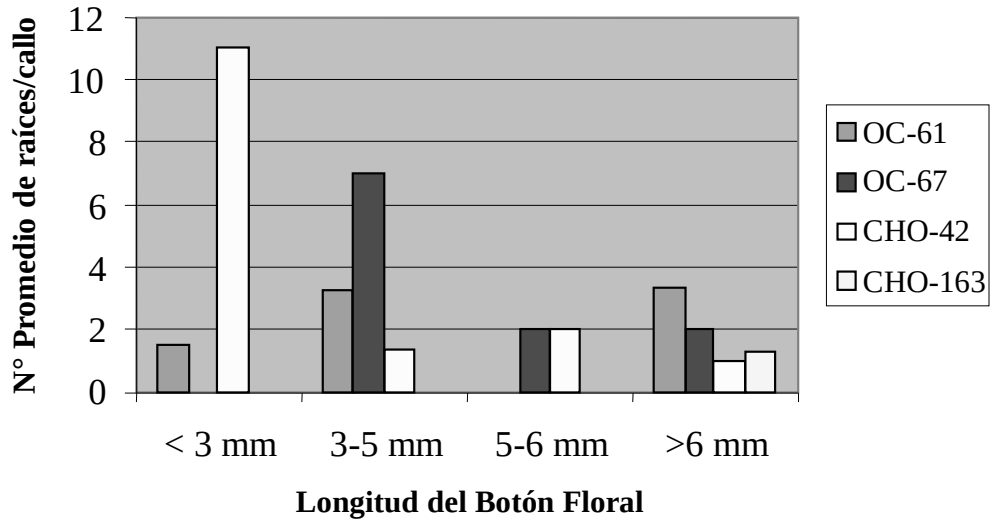


FIGURA 3. Número Promedio de raíces/explante después de 1 mes de la implantación en el medio de cultivo.

Del mismo modo, menciona también que la organogénensis es un proceso que está regulado por cambios en los niveles hormonales endógenos de auxinas y citocininas, por lo que la formación de yemas vegetativas es promovida por el balance favorable de la relación auxina/citocinina a las citocininas, mientras que la formación de raíces ocurre por un balance favorable a las auxinas.

La respuesta organogénica en los callos también fue observada por Velásquez (2006) en 2 genotipos del tipo Criollo al utilizar las mismas concentraciones de Sacarosa y 2,4-D, lo que lleva a pensar según lo expuesto anteriormente, que ambos factores tienen una influencia importante sobre la inducción de raíces.

CONCLUSIONES

- El protocolo utilizado para la obtención de ES indujo una respuesta organogénica en el explante, mediante la formación de raíces en los 4 genotipos estudiados.

- La combinación de 80 g l^{-1} de sacarosa y 4 mg l^{-1} de 2,4-D, produjeron un alto porcentaje de FC en los estaminoides implantados en el medio de cultivo.

- Se encontraron diferencias genotípicas en la FC a partir de estaminoides provenientes de BF de diferentes longitudes. Los valores más bajos se observaron en los genotipos CHO-42 y CHO163.

- Existen diferencias genotípicas en la respuesta organogénica por parte del explante, en donde el mayor porcentaje de callos que formaron raíces se encontró en el genotipo OC-61 para el tamaño de botón > 6 mm.

- Se determinó la asociación entre el tamaño del BF y la FC sólo en el genotipo CHO-163.

BIBLIOGRAFÍA

Alemanno, L., M. Berthouly and N. Michaux-Ferriére. 1996. Histology of embryogenesis from floral tissues cocoa. Plant Cell and Organ Culture 46:187-194.

Alemanno L., T. Ramos Gargadenec, C. Anadry and N. Ferriére. 2003. Localization and identification of phenolic compounds in *Theobroma cacao* L. somatic embryogenic. Annals of botany 92:613-623.

Chanatásig, C. 2004. Inducción de la embriogénesis somática en clones superiores de cacao (*Theobroma cacao* L.), con resistencia a enfermedades fungosas. Tesis de Postgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. 86 p.

Cope, F. 1976. Cacao. **In:** Evolution in crop plants. N. W. Simmonds Logman. London. 339 p.

Dublín, P. 1991. Multiplicación vegetativa en Café, Hevea y Cacao. **In:** Cultivo de tejidos en la agricultura: Fundamentos y aplicaciones. Capítulo 26. William Roca y Luis Mroginski (Eds). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 970 p.

Emons, A. 1994. Somatic embryogenesis: cell biological aspects. Acta Bot. Nerrlandica. 43(1):1-14.

Li, Z., A. Traore, S. Maximova and M. Guiltinan. 1998. Somatic embryogenesis and plant regeneration from floral explants of cacao (*Theobroma cacao* L.) using Thidiazuron. *In vitro* Cell. Dev. Biol. Plant 34:293-299.

López-Báez, O., L. Moreno-Martínez and S. Pacheco-Rodas. 2000. Avanzos en propagación de Cacao - *Theobroma cacao* – por embriogénesis somática. International Workshop on New Technologies and Cocoa Breeding. Kota Kinabalu, Sabah, Malasia. 163-177.

Maximova, S., L. Alemanno, A. Young, N. Ferriere A. Traore and M. Guiltinan. 2002. Efficiency, genotypic variability and cellular origin of primary secondary somatic embryogenesis of *Theobroma cacao* L. *in vitro* Cell. Dev. Biol. Plant 38:252-259.

Motamaor, J., A. Risterucci, P. López, C. Ortiz, A. Moreno and C. Lanaud. 2002. Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas. Heredity 89:380-386.

Santos, B., J. Gilreath, R. Arbona y A. Pimentel. 2005. La estadística no paramétrica para el análisis e interpretación de estudios de plagas: alternativas al análisis de la varianza. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 75:89-83.

Tan, C. L. and D. B. Furtek. 2003. Development of an *in vitro* regeneration system for *Theobroma cacao* from mature tissues. Plant Science 164: 407-412.

Traore, A., S. Maximova and M. Guiltinan. 2003. Micropropagation of *Theobroma cacao* L. using somatic embryo-derived plants. *In vitro* Cell. Dev. Biol. Plant. 39(3):61-74.

Velásquez, R., Y. Sandrea, C. Betancourt y J. Mata. 2006. Embriogénesis somática en cultivares de cacao venezolano. Agronomía Trop. 56(1):61-74

NOTA TÉCNICA

IMPORTANCIA AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICA DE LAS MICORRIZAS EN EL CULTIVO DE CACAO CASO: HACIENDA CATA, MUNICIPIO OCUMARE COSTA DE ORO, ESTADO ARAGUA VENEZUELA[1]

ENVIRONMENTAL AND SOCIOECONOMIC IMPORTANCE OF MYCORRHIZAE IN COCOA CROP CASE: CATA FARM, OCUMARE OF THE GOLD COAST, ARAGUA STATE, VENEZUELA[1]

Ángela Bolívar*, Marcia Toro, Maria Fernanda Sandoval* y Marisol López***

[1] Trabajo financiado por el Fonacit a través del Proyecto: S1-2002000391 y del INIA ID-ARA-05-710.
* Investigadores. INIA - CENIAP. Zona Universitaria. Apdo. 4579. Maracay, estado Aragua. Venezuela.
** Profesora. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Núcleo Aragua.
E-mail: abolívar@inia.gob.ve, mlopez@inia.gob.ve, mtoro30@@yahoo.es

RESUMEN

En la región norte costera, de la Parroquia Cata del municipio Ocumare de la Costa de Oro del estado Aragua Venezuela, se llevó a cabo un estudio de caso. El propósito fue estudiar: a) la importancia ambiental y socioeconómica de los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en el cultivo de cacao, *Theobroma cacao* L.; b) conocer el estatus natural de micorrización de las plantas de cacao; c) promover entre los/as agricultores/as el conocimiento, la aplicación, protección, conservación y uso de estos hongos en el cultivo de cacao. Para el estudio socioeconómico se trabajo con un universo de 32 agricultores aplicando técnicas de investigación cualitativa, para estudiar la presencia de HMA se tomaron muestras de suelo a nivel de la rizósfera en 3 lotes de cacao. Los resultados indican que socioeconómicamente, el cultivo de cacao representa la actividad económica más importantes de forma directa, sumando un 68,76%, cuyas bondades más importantes identificadas fue el aporte de fósforo y su importancia para aumentar la producción y disminuir los problemas que afectan el cultivo, opinión suministrada por el 56,25% y el 43,75% de los agricultores, respectivamente, al referirse a la importancia de las micorrizas en el cacao. En relación al estatus natural de las micorrizas se obtuvo que todas las muestras analizadas presentaron raíces micorrizadas, oscilando el porcentaje de LRM entre: 2,8 y 13,3, valores que pueden ser considerados bajos con relación a otros agroecosistemas cacaoteros.

Palabras Clave: Agroecosistema sustentable; cacao; *Theobroma cacao* L.; micorrizas; investigación cualitativa.

SUMMARY

In the north coastal region of Cata, Ocumare of the Gold Coast in Aragua state, Venezuela, a case study was conducted in the Cata Farm, between coordinates 10 º 30 '00"N, 67° 45' 00"67 º 37 '00"W. L. The purpose were: a) to study the environmental and socioeconomic importance of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in cocoa plantations, *Theobroma cacao* L., b) to know the natural status of mycorrhizae in cocoa plants; c) to promote, between farmers, the knowledge, application, protection, conservation and use of these fungi in cocoa plantations. For the socioeconomic study, a universe of 32 farmers qualitative research techniques. The presence of AMF, was evaluated in soil samples collected at rhizosphere level in three cocoa lots. With regard to socio-economic aspect, the results indicate that 68.76% of the farmers recognized the cocoa as the most important economic activity in a direct way; and about the benefits of mycorrhiza in the cocoa agrosystem, 56.25% of them identified the contribution of phosphorus and 43,75% believe that this symbiosis increase production and can reduce problems that affect the crop. In relation to the natural status of mycorrhizae, all samples showed mycorrhized roots; however, % of mycorrhized root length varied between 2.8 and 13.3 %, theses values can be considered low in relation to other cocoa agroecosystems.

Key Words: Sustainable agroecosystems; cocoa; *Theobroma cacao* L.; socio-economic; micorrhizae.

RECIBIDO: abril 14, 2008

ACEPTADO: septiembre 01, 2009

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, el rendimiento promedio del cultivo cacao, *Theobroma cacao* L., entre 1970 y 1991 se ubicó en 243,8 kg ha^{-1}, y en el estado Aragua fue de 95,67 kg ha^{-1}, el más bajo a nivel nacional (Trujillo *et al*., 2000b). Esta situación, condujo a que diversos estudios recomendaran revertir los bajos rendimientos a través de un referencial tecnológico que incorporara varias estrategias, entre ellas, un adecuado plan de fertilización según la edad de la planta y condiciones de fertilidad del suelo.

La literatura señala que las dosis de nutrimentos recomendadas en g $plantas^{-1}$ de $N:P_2O_5:K_2O$ que oscilan entre los 150, 249 y 350 en plena producción, (FONCACAO, 1998; Ramos *et al*., 2000).

Sin embargo, otros estudios advierten, que promover la incorporación de prácticas de fertilización química o inorgánica, sin considerar el contexto ambiental, sociocultural y económico en que se desarrolla este cultivo, pudiera afectar negativamente el agrosistema, especialmente los procesos biológicos, específicamente las poblaciones de microorganismos benéficos que habitan en estos agroecosistemas (Cuenca *et al*., 1991; López *et al*., 2007).

Posteriormente estas dosis fueron reducidas según sugerencias de Izquierdo y López (INIA, 2008) a aplicaciones (g $planta^{-1}$) de $N:P_2O_5:K_2O$ de 46:60:60, respectivamente, considerando los resultados de investigación realizados en Choroní por López *et al*. (2007); debido a que, las poblaciones de microorganismos como los hongos micorrízicos arbusculares, (HMA) son afectados por las altas dosis de fósforo aplicado, reduciendo la relación simbiótica que existe entre este hongo y el cultivo de cacao. Los estudios sobre los hongos micorrízicos, le confieren importancia especial para ser utilizados como biofertilizantes, bioinsumo definido por Martínez (2003) como productos basados en microorganismos que viven normalmente en el suelo, en poblaciones bajas, pero pueden incrementarse por medio de la inoculación artificial o aplicando prácticas agroecológicas (Toro *et al*., 2008), siendo capaces de poner a disposición de las plantas, mediante su actividad biológica, una parte importante de las sustancias nutritivas que necesitan para su desarrollo.

Lo antes expuesto, implica un conocimiento profundo de los procesos e interacciones que ocurren entre cultivos micorrízicos absolutos -como el cacao- y los distintos componentes de los ecosistemas tropicales, de allí, que prácticas como la fertilización fosfórica inorgánica, deben ser monitoreadas y evaluadas a fin de no romper el equilibrio de estas simbiosis y no promover la dependencia de insumos externos en estos sistemas (López *et al*., 2007).

En Venezuela, para proteger la biodiversidad y promover la sustentabilidad agrícola, se debe profundizar los conocimientos y comprensión de los procesos que ocurren en los agroecosistemas, así como su potencial económico, ecológico, geoestratégico, social y cultural de tal manera, que la tecnología generada y recomendada coadyuve a la sustentabilidad de estos sistemas socioproductivos.

Sobre la base de lo expuesto, el trabajo está centrado en 3 aspectos fundamentales: 1) Estudiar la importancia ambiental y socioeconómica de las micorrizas; 2) Conocer el estatus natural de micorrización de las plantas de cacao; 3) Promover entre los/as agricultores/as el conocimiento, la aplicación, protección, conservación y uso de estos hongos en el cultivo de cacao.

Antecedentes

Importancia ambiental de las micorrizas en el cultivo cacao

El cultivo de cacao, está considerado como un cultivo de importancia ecológica y ambiental, por encerrar varios principios conservacionistas: es reservorio de nutrientes por el reciclaje proveniente de abundantes restos de frutos, tallos y hojarascas del propio cultivo y de las plantas usadas como sombra temporal o permanente, en su mayoría leguminosas fijadoras de nitrógeno como el *Bucare pionio*, *Eritrina glauca*, *Guamo* (*Inga* sp.). Promueve la actividad y diversidad microbiótica y por ende los procesos biológicos donde participan (fijación de nitrógeno atmosférico, micorrización, solubilización de fósforo), controla la erosión, regenera la cobertura vegetal en suelos degradados y mantiene condiciones de humedad y temperatura adecuados, entre otros. Lo expuesto indica que el cultivo de cacao es un coadyuvante del desarrollo sustentable (Trujillo *et al*., 1999; Mejías y Palencia, 2005; López *et al*., 2007).

Para la aplicación de este trabajo, se asume el concepto de desarrollo sustentable como un proceso dinámico donde el manejo de los recursos naturales, la valoración del ser humano, los mecanismos de concienciación y participación ciudadana, la orientación de la economía con principios éticos de responsabilidad ambiental, contribuyen a satisfacer y fortalecer las necesidades

básicas actuales, sin destruir la base ecológica de la que depende el desarrollo socioeconómico y la calidad de vida futura referida por Ramírez (2000).

Además de los criterios conservacionistas y principios sustentables que encierra el cultivo de cacao, las investigaciones también han podido demostrar que en las condiciones que usualmente se cultiva el cacao en Venezuela, el mismo ha dado muestra de una significativa tendencia a formar micorriza y de ser un cultivo altamente dependiente de este hongo, debido a su alta micotrofía (Cuenca *et al*., 1991).

El interés en el estudio de los hongos formadores de micorrizas, según Sánchez (1999), data desde el siglo XVIII y reseña que M. Janse nota la presencia de micorrizas arbusculares en café en 1897.

Por su parte, Cuenca (1991), menciona que el interés por las micorrizas se deriva principalmente porque los hongos micorrízicos son capaces de varias funciones: a) son órganos de captación de nutrimentos, b) afectan la fisiología de la planta, c) pueden ser manipulados para mejorar la productividad vegetal, mientras que Mejías y Palencia (2005), señalan que de la asociación simbiótica planta-hongo micorrízico, la planta de cacao obtiene mayor eficiencia en la absorción de nutrimentos, se promueve el crecimiento foliar e intensifica la tasa fotosintética y fortalece las condiciones propias de la planta para tolerar el estrés hídrico.

En este sentido, Toro y Herrera (1987); Sieverding y Barea, (1991); Guerrero, (1995); Cuenca *et al*. (1991); Cuenca y Meneses (1996), entre otros, coinciden en que los principales beneficios que recibe una planta colonizada por HMA son: a) mejoran el enraizamiento, establecimiento y crecimiento de la planta, principalmente en suelos con bajos contenidos de nutrimentos, b) incrementa la captación de iones, c) mayor capacidad de absorción de nutrientes pocos móviles del suelo: fósforo, zinc, cobre, d) mayor capacidad de absorción de agua y tolerancia a la sequía, e) protección contra patógenos de la raíz, entre otros.

Mientras que Guerrero *et al*. (1995), menciona que los beneficios de los HMA no deben restringirse al ámbito de la productividad vegetal inmediata, sino que deben considerarse los beneficios ambientales, tales como el control de la erosión o la regeneración de la cobertura vegetal en suelos degradados, siendo enfáticos al señalar que dentro de la concepción de desarrollo sustentable, los hongos micorrizicos constituyen un factor de obligatorio manejo, puesto que no solamente afecta positivamente la productividad vegetal, sino que también producen beneficios ambientales en términos de un uso más racional de los fertilizantes y plaguicidas y de una mayor agregación del suelo a través del micelio extra radical que se extiende en el suelo.

La literatura muestra como las micorrizas arbusculares, por ser el tipo que predomina en zonas tropicales, se les ha prestado mayor atención, demostrándose su potencial en el manejo agroecológico de la agricultura. También se ha podido demostrar, que aunque la mayor parte de las plantas forman micorrizas arbusculares, el grado de dependencia o micotrofía de los diferentes cultivos es variable y relativo a las condiciones del suelo y que en bajas concentraciones de fósforo es donde se ha observado el grado de dependencia de las plantas con respecto a las micorrizas (Guerrero *et al*., 1995).

En Venezuela, se han estudiado las poblaciones de estos microorganismos y su uso potencial en agroecosistemas sustentables, especialmente los hongos micorrízicos vesículo arbusculares (MVA). Toro y Herrera (1987), realizaron importantes aportes al estudiar las micorrizas presentes en ecosistemas venezolanos, específicamente en la identificación de poblaciones de HMA en plantaciones de café ubicadas en Altos de Pipe, estado Miranda y en otras localidades del estado Lara.

Cuenca *et al*. (1991); Cuenca y Meneses (1996); Cuenca *et al*. (2002) han realizado contribuciones al estudiar las micorrizas en diferentes ecosistemas y agroecosistemas venezolanos, identificando diferentes especies. En cacao identificaron *Glomus etunicatum* como la especie de hongo que parece estar más asociado al agrosistema cacao.

Por su parte, López *et al*. (2007) en plantaciones de cacao de Choroní, estado Aragua investigaron el efecto de las dosis de fósforo (P) inorgánico recomendadas en los laboratorios de servicio de análisis de suelo para aumentar la producción de cacao- sobre HMA nativos del sistema de producción cacao, demostrando que el número de esporas de este hongo se reduce significativamente por efecto de la dosis de P, advirtiendo la necesidad de revisar los criterios establecidos para mejorar la fertilidad del suelo y la disponibilidad de nutrimentos al cultivo, ya que las altas dosis de fertilizantes fosfatados pueden aumentar la dependencia externa de insumos en detrimento de las poblaciones nativas de microorganismos que activan los procesos biológicos endógenos claves en la sustentabilidad del sistema cacaotero.

Importancia Socioeconómica de las micorrizas en el cultivo de cacao

En Venezuela, el cultivo de cacao representa uno de los sistemas de producción más importantes de larga tradición ancestral, en lo económico, social y ambiental, lo cual se soporta en varios aspectos a saber: a) la calidad del cacao que se cultiva y exporta a los principales mercados internacionales, b) la conservación del ambiente, c) las fuentes de trabajo que genera y el conocimiento y cultura local bajo la cual se cultiva y procesa (Leal, 1993). De manera breve se realizará un análisis de la relevanica de cada uno.

Según los registros históricos de exportación de varias fuentes OCEI (1999), Cartay (1999) y Arcila Farias (1970) citados por González (1999), Venezuela es el exportador de cacao más antiguo del mundo, iniciándose desde 1607 hasta el 2005, lo que le confiere una trayectoria de casi cuatrocientos años de país exportador generador de divisas y/o fuente de ingresos.

Las estadísticas más recientes señalan que para el año 2004 Venezuela alcanzó una producción nacional de 15 918 t en una superficie de 52 020 ha, con un rendimiento promedio de 306 kg ha^{-1}. De esta producción nacional se exportaron alrededor de 7 077 t generándose una importante entrada de divisas (MAT, 2004).

En el estado Aragua, el cacao se localiza principalmente en el municipio Costa de Oro, en las localidades de La Trilla, Aponte, Cumboto, Cata y Cuyagua, en el municipio Girardot en la localidad de Choroní y en el municipio Mariño en las localidades de Chuao y Cepe. En la actualidad los rendimientos promedios están en 245 kg ha^{-1}, con oscilaciones entre 100 y 500 kg ha^{-1}.

Son descritos por González (1999) algunas de las principales características de los cacaotales aragüeños, entre ellas: excelentes características de aroma y sabor, que le confiere mucha importancia a nivel del mercado internacional, para la elaboración de chocolates finos. En la actualidad, la población de materiales de cacao es un complejo genético de cruces entre criollos con mayor o menor proporción de forasteros, según la localidad, su cultivo continuo asociado al plátano como sombra provisional y los conucos permanecen como actividad de subsistencia (Albornoz, 2004).

En el caso específico de las haciendas Chuao, Cata y Cuyagua el grupo familiar y particularmente la mujer juegan un papel significativo en la producción de cacao debido a su dedicación y esmero en las labores de mantenimiento, recolección, desgrano de mazorca, beneficio y otras actividades, en su mayoría los productores/as que trabajan en estas haciendas desarrollan una agricultura asociada a bajos niveles de producción, lo que ha significado una desmejora en la calidad de vida de los agricultores de la zona (Belisario y García, 1995).

Pese a la situación descrita, en muchas comunidades cacaoteras como en la Hacienda Cata, la organización y los niveles de conciencia de los agricultores sobre la necesidad de desarrollar sistemas sustentables que permitan mejorar la calidad de vida del agricultor/ra y su familia, es un espacio de amplias oportunidades para incorporar tecnologías sociales, económicas y ambientalmente sustentables como la biofertilización basado de micorrizas u otros microorganismos benéficos que viven en el suelo.

Lo expuesto, ha motivado a investigar la importancia de los HMA en las plantaciones de cacao de la Hacienda Cata, ya que éstos podrían representar una alternativa de biofertilización de bajos costos, poco impacto ambiental que al ser socializada puede ser adoptada a corto y mediano plazo por los/as agricultores/ras de la localidad. En este sentido, se considera que los beneficios económicos, sociales y ambientales del manejo de la biofertilización a través de hongos MVA, sin duda, serían sustancialmente mucho mayor que la fertilización química o inorgánica especialmente por los costos que este implica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de la zona de estudio

El estudio se realizó en la Hacienda Cata, municipio Costa de Oro, estado Aragua, Venezuela, entre las coordenadas 10º 30' 00" N, 67º 45' 00", 67º 37' 00" W. La hacienda limita al norte con la urbanización Cata, por el sur, este y oeste con las montañas del Parque Nacional Henry Pittier, posee una superficie aproximada de 338,94 ha, distribuidas en varios lotes, entre ellos: Caraballo, Cartagena, La Isleta, La Hacienda y José Real. La Hacienda Cata se encuentra enmarcada en la cuenca hidrográfica del Río Cata, la cual tiene una superficie de 4 964,03 ha.

El cauce principal de dicha cuenca es el Río Cata, que nace de la ladera norte de los Picos Guacamaya y Perú, alimentado por varias quebradas destacando la quebrada

La Rinconada, que desemboca en la ensenada de Cata. Las condiciones climáticas para el valle de Ocumare de la costa es de aproximadamente 700 mm/año de precipitación, con temperatura media anual entre 26-27 °C. (Albornoz 2004).

Caracterización cualitativa de las comunidades

- Se aplicaron técnicas de observación participante.
- Se elaboró, socializó y divulgó con los productores/as un díctico sobre la importancia de las micorrizas.
- Se realizaron talleres sobre la importancia de las micorrizas en el cultivo de cacao.
- Se elaboraron dos instrumentos (encuestas y entrevistas) para levantar información a través de preguntas claves a un universo de 32 agricultores/as.
- Se firmó compromiso con la Empresa Campesina Cata para iniciar el proceso de producción, aplicación, y evaluación económica-ambiental de las micorrizas en el cultivo de cacao.

Toma de Muestras de suelo

Para tomar la muestra se seleccionaron 3 lotes distintos distribuidos en toda la hacienda, ellos fueron:

Lote N° 1: La Haciendita 4 ha (4 muestras)
Lote N° 2: La Isleta 6 ha (4 muestras)
Lote N° 3: José Real 10 ha (4 muestras)

Se tomaron 4 muestras compuestas en áreas homogéneas de cada lote representativo. Para estudiar la presencia de HMA se tomaron muestras de la rizósfera (suelo muy próximo a las raíces más finas) de árboles de cacao en donde no se han aplicado productos químicos -de acuerdo a la información suministrada por los agricultores-. Alrededor del árbol de cacao se tomaron varias sub-muestras de suelo y raicillas a una profundidad de 5 a 10 centímetros. Una parte de esta muestra se envió al laboratorio para determinar el P-disponible - (Olsen, 1954) y disponer de un diagnóstico de la fertilidad químico-físico. La otra parte se refrigeró (4 °C), con el propósito de: 1) ser utilizado como inóculo para la multiplicación de los HMA y 2) extraer y caracterizar los distintos tipos de esporas de HMA e identificar a nivel de género.

Identificación de hongos formadores de micorriza arbuscular (HMA) nativos de los suelos de cacaotales

Con el propósito de evaluar las poblaciones nativas de HMA asociadas al cacao se separaron las esporas de acuerdo a la metodología de tamizado húmedo y decantación. Luego se siguió el siguiente procedimiento:

1. Separación de las esporas de acuerdo a su color, tamaño y características morfológicas más resaltantes.

2. Colocación en láminas portaobjeto y montaje en alcohol polivinílico (PVL) con reactivo Melzer, para observar sus estructuras con detalle en el microscopio.

3. Identificación de los géneros de HMA a través de los manuales de Schenck y Pérez (1990).

La evaluación se realizó en el Laboratorio de Estudios Ambientales del Instituto de Zoología Tropical, en la Universidad Central de Venezuela, de la Facultad de Ciencias.

Metodología para tinción y cuantificación de raíces

Las raíces colectadas fueron lavadas cuidadosamente, aplicándoseles la metodología de aclaración y tinción con azul de tripán (Phillips y Hayman, 1970). Para la cuantificación de las estructuras típicas de los HMA (colonización de las raíces) se utilizó la metodología de intersección de cuadrantes (Giovaneti y Mosse, 1980) con ayuda de una lupa estereoscópica y se expresó como porcentaje de longitud de raíz micorrizada (%LRM).

Cuantificación de las raíces colonizadas, método de intersección de cuadrantes (Giovanetti y Mosse, 1980)

· Se utilizó una placa de Petri marcada con una cuadricula, cuyos cuadros tienen 1 cm de lado.

· Las raíces teñidas se distribuyeron de manera aleatoria.

· Se contaron las intersecciones de las raíces con todas las líneas verticales y horizontales (puntos de corte), luego se totalizó el número de intersecciones micorrizadas.

· Finalmente se obtuvo el número de intersectos de raíz colonizada y el número total de intersectos de raíces (colonizadas y no colonizadas).

· Se calculó el %LRM, según la ecuación siguiente:

$$\%\ LRM = \frac{N° \text{ de intersectos de raíz micorrizada}}{N° \text{ intersectos totales con y sin colonización}} \times 100$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización cualitativa sobre la importancia socioeconómica de las micorrizas, caso: 32 agricultores/as de la Hacienda Cata estado Aragua fue la siguiente:

Desde el punto de vista socioeconómico, los resultados (Cuadro 1) indican que el cultivo de cacao representa la actividad económica más importante de forma directa, sumando un 68,76%.

CUADRO 1. Importancia económica del cultivo de cacao en la comunidad de la Hacienda Cata.

Pregunta clave:	Cacao y conuco	Cacao, turismo, conuco pesca,	Cacao Mano de Obra contratada
4.¿Su fuente de ingreso? Depende de:	9	13	10
%	28,13	40,63	31,25

Fuente: datos originados de los instrumentos aplicados en la comunidad durante desarrollo del trabajo.

Por otra parte, al identificar los principales problemas del cultivo, las plagas seguidas de la baja producción representan para los productores de cacao los de mayor importancia (Cuadro 2), aspectos asociados, ya que el ataque de plagas no controlado oportunamente, incide negativamente sobre la producción del cultivo.

Las necesidades de riego, de materiales criollos y abonos orgánicos, también son identificadas como problemas urgentes a resolver, coincidiendo con los estudios de González (1999) y FUNDACITE (2000) quienes señalan que en la mayoría de las haciendas cacaoteras del estado Aragua como; Cumboto, La Trilla, Cuyagua y Cata, los productores/as que trabajan en éstas desarrollan una agricultura de limitaciones físicas productivas, con escasez de recursos de capital, presencia de plantaciones de avanzada edad, ataque de enfermedades y plagas, poca disponibilidad de agua para el riego y bajos niveles de producción lo que ha significado una desmejora en la calidad de vida de los agricultores de la zona.

Al evaluar el nivel de conocimiento sobre las micorrizas, se estructuró e hizo la pregunta: ¿Las micorrizas son?, antes de iniciar las actividades de socialización al respecto para disponer del nivel de conocimiento sobre el microorganismo que participa en la simbiosis, los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 3, apreciándose que el 72% de los agricultores opinaron que las micorrizas eran insectos, reflejándose en la mayoría de los participantes en la actividad de socialización, desconocimiento sobre las micorrizas y su importancia en el cacao.

CUADRO 2. Identificación de problemas más importantes del cultivo de cacao.

Pregunta clave:	Respuesta más comunes:	Orden de importancia	
5.¿Según usted, cual es el problema más importante y urgente que debe solucionarse en el cultivo de cacao?	Riego (3) Buen abono y buen riego (2) Plaga (13) Aumento de la producción (9) Limpieza (1) Sembrar cacao criollo (2) Atención (1)	Plagas Producción Riego Cacao criollo Abono y riego Limpieza y atención	–1° 2° 3° 4° 4° 5°

Fuente: datos originados de los instrumentos aplicados en la comunidad durante desarrollo del trabajo, número en paréntesis ( ) indica cantidad de personas que coincidieron con el problema mencionado.

CUADRO 3. Nivel de conocimiento sobre las micorrizas antes de las actividades de socialización al respecto.

Pregunta clave:	Insectos	Bacterias	Hongos	Total
1.¿Las micorriza son?	23	4	5	32
(%)	71,88	12,50	15,63	100

Fuente: datos originados de los instrumentos aplicados en la comunidad durante el desarrollo del trabajo.

Mientras que después de realizar las actividades de información y socialización de conocimientos sobre la definición de la simbiosis micorrizica, microorganismo involucrado en este proceso biológico, importancia y uso de las micorrizas en la producción de cacao agroecológico, los 32 participantes respondieron asertivamente (Cuadro 4), coincidiendo que es un hongo el microorganismo que forma la simbiosis con las raíces del cacao, constituyendo un biofertilizante natural, y por ende debía ser conservado en los agrosistemas del cacao. Estas respuestas contundentes satisfizo al equipo de trabajo por haber logrado uno de los principales objetivos de este trabajo, como fue iniciar trabajos de formación-educación en la comunidad sobre estos microorganismos nativos y sus funciones en la producción de cacao.

Cuando los participantes tuvieron que priorizar y ordenar cual era la principal importancia de la simbiosis micorrízica en el sistema cacao, nuevamente la mayoría de los agricultores/as (56,25%) indicaron que entre las bondades más importantes, se encontraba el aporte de fósforo (Cuadro 5).

CUADRO 4. Nivel de conocimiento sobre las micorrizas luego de realizar actividades de socialización al respecto.

Pregunta clave:	Insectos	Bacterias	Hongos
1.¿Las micorrizas pson?			32
(%)			100

Fuente: datos originados de los instrumentos aplicados en la comunidad durante el desarrollo del trabajo.

CUADRO 5. Beneficio de las micorrizas reconocido por los agricultores (as) sobre la producción de cacao luego de realizar actividades de socialización.

Pregunta clave:	Aumenta la producción	Más crecimiento	Más fósforo
2.Nombre algunos de los beneficios de las micorrizas en el cacao	8	6	18
(%)	25	18,75	56,25

Fuente: datos originados de los instrumentos aplicados en la comunidad durante el desarrollo del trabajo.

En cuanto al tema de la conservación de este hongo (Cuadro 6), quedó claro en un alto porcentaje (43%) de los cacaoteros de no aplicar fertilizantes químicos ayuda a conservarlos.

Un aspecto clave en el mantenimiento de las micorrizas, ya que ha sido señalado (López *et al*., 2007; Toro *et al*., 2008) que los fertilizantes inorgánicos, principalmente los fosfatados, inhiben la simbiosis, aun las dosis sugeridas en instrumentos de fertilización elaborados con rigurosidad técnica, pero bajo el modelo de producción de altos insumos, productivista.

En tal sentido, López *et al*. (2007) demostraron cómo las dosis de P para una condición de suelo de baja disponibilidad de este elemento, en plantaciones entre 4 y 7 años de edad y después de recibir 2 años de fertilización inorgánica, el número de esporas/100 g de suelo fue de: 100, 11, 32 y 39 al aplicar dosis de P de 0, 45, 90 y 135 g planta^{-1}, de estas dosis evaluadas, las recomendadas en el instructivo utilizado en los laboratorios de servicio de análisis de suelo para cubrir los requerimientos del cultivo fue de 90 g planta^{-1}, dosis que redujo en 32% el número de esporas de HMA, situación que se agudiza cuando algunos técnicos ejerciendo funciones de asistencia técnica sugieren dosis mayores a las recomendadas en los laboratorios de análisis de suelo con fines de fertilización.

Finalmente, en el Cuadro 7 se observa que el 43,75% de los agricultores opinaron sobre la importancia de las micorrizas para aumentar la producción y disminuir los problemas que afectan el cultivo, lo cual es significativo, ya que esta valoración de los HMA es clave para continuar y consolidar su uso en el sistema socioproductivo cacao.

CUADRO 6. Manejo para conservar las micorrizas luego de realizar actividades de socialización.

Pregunta clave:	No aplicar fertilizantes químicos	No aplicar venenos	Reproducir más micorrizas y dejando a la naturaleza	Poco fertilizante químico
4.¿Cómo se pueden conservar las micorrizas?	14	8	6	4
%	43,75	25	18,75	12,50

Fuente: datos originados de los instrumentos aplicados en la comunidad durante el desarrollo del trabajo.

CUADRO 7. Manejo para resolver los problemas que afectan la producción del cacao, luego de realizar actividades de socialización.

Pregunta clave:	Mejorar la producción	Eliminar los insectos	Aplicarmicorrizas	Aplicar riego
4.¿Según su opinión cual sería la solución para resolver los problemas más importantes en cacao?	10	6	14	2
%	31,25	18,75	43,75	6,25

Fuente: datos originados de los instrumentos aplicados en la comunidad durante el desarrollo del trabajo.

Los resultados son satisfactorios para el equipo de investigación que compartió conocimientos y experiencias en la comunidad, creándose espacios para continuar el acompañamiento técnico científico, avanzar en encuentros de saberes, pudiendo materializarse posteriormente un trabajo conjunto que permita consolidar el uso y conservación de las micorrizas en la localidad, ya que durante los encuentros con los agricultores/as se firmó un compromiso con la Empresa Campesina Cata para iniciar el proceso de producción, aplicación, y evaluación económica-ambiental de las micorrizas en el cultivo de cacao.

En relación a la importancia económica de las micorrizas, Guerrero *et al*. (1995) señalan que desde la perspectiva de la relación costo-beneficio, el manejo de la micorriza se justifica cuando se presentan algunas de las siguientes situaciones: a) bajos valores de fósforo disponible y/o dificultad en la toma de fuentes poco solubles de fósforo, b) bajas poblaciones de propágulos infectivos y efectivos en el suelo, c) alta microtrofía del cultivo a ser manejado. Estas 3 situaciones se presentan en la zona de estudio y han sido señalados por López *et al*. (2007); Cuenca *et al*. (1991) en estudios de casos sobre plantaciones de cacao.

Otro aspecto señalado es el referido a las restricciones económicas, ciertamente en la zona se aprecia que la mayoría de los agricultores/as no cuentan con los recursos económicos suficiente para invertir en el sistema de producción cacao, en este sentido, el uso de hongos micorrízicos nativos, presentes en el agroecosistema cacao local, se presenta como una alternativa viable desde el punto de vista, social, económico y ambiental.

En relación a los resultados presentados en el Cuadro 8, se observa que del total de raíces evaluadas por muestras, se muestran las raíces colonizadas o micorrizadas y el porcentaje de LRM refleja la presencia de la simbiosis micorrízica en los 3 sectores seleccionados, corroborando la micotrofía del cacao. Sin embargo, el porcentaje de LRM oscila entre: 2,8 y 13,3, valores que pueden ser considerados bajos con relación a los resultados señalados por Cuenca *et al*. (1990), quienes encontraron porcentajes de LRM que oscilan entre 14 y 69% en 16 plantaciones de cacao del país, atribuyendo los menores porcentajes de colonización al efecto del manejo del sistema de producción, específicamente a la aplicación de fertilizantes fosfatados.

CUADRO 8. Estatus natural de micorrización de las plantas de cacao, caso: Hacienda Cata municipio Ocumare Costa de Oro.

		Raíces		
Localidad	**Muestra**	**Totales**	**Micorrizada**	**% LRM**
	1	925	48	5,2
La Isleta	2	809	35	4,3
	3	983	31	3,2
	4	795	72	9,1
	1	753	21	2,8
La Hacienda	2	525	19	3,6
	3	724	41	5,7
	4	646	41	6,3
	1	739	98	13,3
José Real	2	557	28	5,0
	3	452	29	6,4
	4	116	5	4,3

Fuente: datos originados de los instrumentos aplicados en la comunidad durante el desarrollo del trabajo.

Estos investigadores, mostraron una correlación negativa entre el % de colonización y la disponibilidad de fósforo en el suelo; los menores valores de porcentajes LRM, también se asociaron con plantas de mayor edad, con el tipo, frecuencia y tiempo de aplicación del fertilizante inorgánicos, principalmente fosfatados.

Sin embargo, los bajos porcentajes de LRM encontrados en las muestras de suelo rizosférico, tomadas de las plantaciones evaluadas son atribuidos a varios factores tales como: a) disponibilidad de fósforo en el suelo, b) edad de las plantaciones, c) un muestreo de suelo no representativo o inadecuado, d) presencia de otros organismos patógenos, e) tipo de manejo realizado a las plantaciones. De estos factores, se pudo corroborar los contenidos de fósforo en el suelo, los cuales estuvieron entre medios y altos (P = 16 a 20 mg kg^{-1}) en los 3 lotes de producción evaluados, correspondiendo los mayores valores (P = 20 mg kg^{-1}) a la Hacienda y la Isleta, lo cual es coincidente con otros trabajos (Cuenca *et al*., 1991; López *et al*., 2007) que muestran el efecto de altos contenidos de P sobre la simbiosis micorrízica, así como a la edad avanzada de las plantaciones presentes, ya que la fertilidad del suelo desde el punto de vista química fue alta (datos no mostrados).

No obstante, los factores c y d referidos al tipo de muestreo y al manejo de las plantaciones no fueron corroborados en este trabajo preliminar. Parte de estos supuestos e interrogantes están por resolverse en otros muestreos más sistemáticos y evaluaciones adicionales sobre número de esporas/100 gramos de suelo, entre otros que se realizan en el marco de este proyecto.

En este sentido, se desprende la necesidad de continuar los estudios para implementar estrategias que involucren planes de manejo que promueven la actividad de estos hongos, la colonización de las raíces, formación de micorrizas y su efecto benéfico en las plantas de cacao.

Todos los resultados se derivaron a partir de la aplicación de los 2 instrumentos, uno ex-antes y otro ex-post, generándose información de tipo cualitativa, la cual se centra en el sujeto y busca desde la comprensión socio cultural interpretar las distintas perspectivas e intereses del sujeto que participa.

Estos resultados son indicadores que se convierten en insumos importantes para la toma de decisiones puesto que la producción, uso y conservación de las micorrizas dentro de la concepción del desarrollo sustentable constituye un factor de obligatorio manejo, puesto que no solamente afecta positivamente la productividad vegetal, sino, también produce beneficios ambientales como ha sido señalado por investigadores como Guerrero *et al*. (1995).

CONCLUSIONES

- La importancia ambiental y socioeconómica de los hongos (HMA) en el cultivo de cacao debe ser evaluada bajo un enfoque integral, esto quiere decir, que su manejo, uso y conservación está integrado al tipo de material genético utilizado y a todas las prácticas del cultivo (control de plagas y enfermedades, podas, sombra, riego, fertilización y cosecha).

- La presencia de micorrizas en todas las muestras evaluadas, aunque de bajo porcentaje, indica y corrobora las potencialidades del cultivo para asociarse a los HM y la necesidad de usar y reproducir dicho hongo bajo un modelo de producción que integra los 3 dimensiones de la sustentabilidad.

- Los agricultores/as del estudio de caso, cuentan con importantes fortalezas entre ellas la organización, la cual facilita procesos que promuevan y conduzcan a rescatar la producción bajo una concepción agroecológica, que se valore e incluya la producción orgánica

y la activación de procesos biológicos en el sistema de producción del cacao como alternativa sustentable.

- Esta situación coadyuva a las instituciones del Estado y ONG (investigadores, técnicos, extensionistas y otros) a implementar estrategias que permitan revertir los bajos rendimientos del cultivo y alcanzar el posicionamiento adecuado en el mercado nacional e internacional.

BIBLIOGRAFÍA

Albornoz, L. 2004. Evaluación de la aptitud de las tierras de la Hacienda Cata, municipio Ocumare de la Costa, estado Aragua. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, trabajo de grado del Postgrado en Ingeniería Agrícola. pp. 52-78.

Belisario, S. y A. García. 1995. Estudio de aspectos socioeconómicos agronómico de los productores de cacao en la Localidad agrícola La Trilla y Aponte, municipio Mario Briceño Iragorry, estado Aragua. Trabajo de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. pp. 45-46.

CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México D.F. pp. 6-10.

Cuenca, G. and E. Meneses. 1996. Diversity patterns of arbuscular mycorrhizal fungi associated with cacao in Venezuela. Plant and Soil, 183:315-322.

Cuenca, G., R. Herrera y E. Meneses. 1991. Las Micorrizas vesículo arbusculares y el cultivo del cacao en Venezuela. Acta Científica Venezolana. 42:153-159.

Cuenca, G., Z. Andrade, M. Lovera, L. Fajardo, E. Meneses, M. Márquez y R. Machuca. 2000. El uso de arbustos nativos micorrizados para la rehabilitación de áreas degradadas de la Gran Sabana, estado Bolívar, Venezuela. INTERCIENCIA. V. 27 N° 4 . http/www.interviencia.com.

FONCACAO. 1998. Manual Técnico del Cultivo del Cacao en Venezuela. FNC-Ministerio de Agricultura y Cría. MAC Caracas- Caucagua. pp. 66-67.

González, J. 1999. El Cacao en Venezuela. FUNDACITE-Aragua. Informe Especial Maracay pp. 28-39.

Guerrero, E., C. Rivillas y E. Rivera. 1995. Perspectivas de manejo de la micorriza arbuscular en ecosistemas tropicales. Fondo para la Protección del Medio Ambiente. Centro de Investigaciones del Café (CENICAFE). Universidad Javeriana. pp. 184-200.

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 2008. Manual de Alternativas de Recomendaciones de Fertilizantes para Cultivos Prioritarios en Venezuela. Maracay, estado Aragua. 400 p. (Serie B N° 18).

Leal, F. 1993. Historia y Origen del Cacao, 500 años de América Tropical. Biblioteca de la Academia de Ciencias Físicas Matemáticas y Naturales. Caracas, pp. 76-79.

López, M., I. López de Rojas, M. España, A. Izquierdo y L. Herrera. 2007. Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, nivel nutricional de la planta y hongos micorrizicos arbusculares en plantaciones de *Theobroma cacao* L. Agronomía Trop. 57(1):31-43.

Martínez, R. 2003. Importancia actual de los biofertilizantes y bioestimuladores bacterianos. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical INIFAT. La Habana Cuba. pp. 8-9.

Mejías, L. y E. Palencia. 2005. Abono orgánico manejo y uso en el cultivo de cacao (en línea). Corpoica, Centro de Investigación Turipana, CO. Disponible en http/www.turipana.org.co/abono_cacao.htm pp.1-17.

Olsen, R. S., C. V. Cole, F. S. Watanabe and L. A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Cir 939.

Ramírez, L. 2000. Ventanas de Sostenibilidad: un modelo para la promoción del desarrollo sostenible. IIICA-GTZ Costa Rica Material de consulta técnica, pp. 1-15.

Ramos, G., P. Ramos y A. Azócar. 2000. Manual del Productor de cacao. FONAIAP- FUNDACITE-Fondo Nacional del Cacao. Mérida. pp. 27-29.

Sánchez, M. 1999. Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos. Universidad Nacional de Colombia Palmira Colombia. pp. 95-97.

Sieverding, E. y J. M. Barea. 1991. Perspectiva de la inoculación de sistemas de producción vegetal con hongos formadores de micorrizas VA. **In:** Fijación y movilización biológica de nutrientes. Consejo Superior de Investigaciones Científicas CSIC, Madrid pp. 221-245.

Toro, M., I. Bazó y M. López. 2008. Micorrizas arbusculares y bacterias promotoras del crecimiento vegetal, biofertilizantes nativos de sistemas agrícolas bajo manejo conservacionista. Agronomía Trop. 58(3):215-221.

Toro, M. and R. Herrera. 1987. Existente of mycorrhizal spores in two different coffee plantations. Mycorrhizae in the next decade 7ma nacom (D. M Sylvia, Hung y Ghaham, editores). IFAS, Florida. pp. 42.

Trujillo, V., A, Izquierdo y A. Bolívar. 2000a. Sostenibilidad y Pobreza Rural: Una Interpretación de las potencialidades y limitaciones de los sistemas cacaoteros del estado Aragua. AGROALIMENTARIA Fundación Polar Mérida. Vol 8: pp. 52-56.

Trujillo, V., A. Bolívar, N. Oviedo y N. Gómez. 2000b. El Cacao aragüeño en el contexto nacional e internacional, algunos indicadores. **In:** Memorias del Primer Congreso Venezolano del Cacao y su Industria. Realizado en Maracay, estado Aragua del 17 al 21 de noviembre de 1997. 6 p. ISBN 980-620-56-1, Depósito Legal: lf11320003386X.

AGRONOMÍA TROPICAL
Volumen 59

ÍNDICE ACUMULATIVO

ÍNDICE DE AUTORES

ACEVEDO, I.
59(1):99-105
59(2):207-217

ACEVEDO, M.
59(3):323-330

ALBARRÁN R., J. G.
59(4):363-371

ALFARO, Y.
59(3):237-247

ÁLVAREZ P., R. M.
59(4):433-443

APARICIO, M.
59(2):207-217

ARNAUDE, O.
59(4):387-400

ASTUDILLO, D.
59(1):89-98
59(4):457-467

AVILÁN, L.
57(1):5-14

BARRIOS, R.
59(2):173-182
59(4):373-379

BASTIDAS, L.
59(2):137-148

BENITO, M.
59(2):219-225

BLANCO, G.
59(2):183-188
59(3):317-322

BOLÍVAR, A.
59(4):491-501

BRICEÑO, R.
59(2):137-148

CABRERA de B., E.
57(4):401-411

CABRERA P., S. R.
59(2):161-172
59(4):433-443

CAMACHO, R.
59(3):275-287

CAMPOS, L.
59(1):89-98

CANAL, R.
59(4):387-400

CASANOVA, A.
59(3):275-287

CÁSARES, M.
59(4):423-432

CÁSARES, R.
59(2):173-182

COA, P.
59(4):373-379

COLOMBARI, J.
59(3):323-330

COMERMA, J.
59(1):25-32; 33-44
59(2):149-160
59(3):249-264; 265-273

CONTRERAS, F.
59(1):45-58

CONTRERAS, J.
59(2):207-217

CORASPE, H.
59(1):45-58

CUN, R,
59(1):15-24

CHIRINOS, M.
59(4):481-489

DAIUTO,E.
59(3):331-342

DELGADO, R.
59(4):401-411

DE SOUSA, O.
59(2):137-148

DÍAZ, A.
59(2):173-182

DÍAZ-LÓPEZ, A. A.
59(4):481-489

DORADO, M.
59(1):15-24

ESCALONA, A.
59(1):99-105

FARIÑAS, J.
59(4):373-379

FERNANDES, D.
59(3):331-342

FRANZINI, V.
59(1):45-58

FUCHS DELGADO, M. M.
59(4):363-371

FUENTES, C.
59(4):387-400

GALLARDO, F.
59(3):343-350

GARCÍA, A.
59(3):297-308

GARCÍA, A.
59(1):15-24

GARCÍA M., P. J.
59(2):161-172
59(4):433-443

GERALDI, I.
59(3):323-330

GONZÁLEZ-PACHECO, A. E.
59(4):363-371

GONZÁLEZ, E.
59(2):173-182

GONZÁLEZ SALCEDO, O.
59(4):363-371

GONZÁLEZ, P.
59(2):129-135

GONZÁLEZ, R.
59(3):275-287; 289-296

GRAZIANA de F., L.
59(1):73-79; 81-88
59(2):119-127

GUERRERO, J.
59(2):189-205

GUTIÉRREZ, M.
59(1):59-71

GUERRERO A., J. P.
57(3):189-205

HERNÁNDEZ, C.
59(2):129-135

HERNÁNDEZ, E.
59(2):137-148

HERNÁNDEZ, J.
59(2):183-188
59(3):317-322

HERRERO, B.
59(3):275-287; 289-296

HIGASHI, C.
59(3):331-342

LINARES, B.
59(3):317-322

LÓPEZ, A.
59(3):343-350

LÓPEZ, H.
59(3):343-350

LÓPEZ, L.
59(4):373-379:

LÓPEZ, L.
59(4):423-432

LÓPEZ, M.
59(2):207-217
59(4):381-386; 491-501

LÓPEZ, R.
59(3):331-342

LÓPEZ, T.
59(1):15-24

MANZANILLA, E.
59(2):183-188

MARCANO, M.
59(4):373-379

MARÍN R., C. A.
59(1):5-14
59(4):433-443

MARK, D.
59(4):373-379

MARQUES, A.
59(1):59-71

MARTÍNEZ, A.
59(4):469-479

MARTÍNEZ, G.
59(2):183-188

MARTÍNEZ, M.
59(3):343-350

MASAGUER, A.
59(2):219-225

MATA, M.
59(3):343-350

MERÚ, L.
59(1):99-105

MILANO, E.
59(2):173-182

MILLA, M.
59(3):317-322

MOGOLLÓN, J. P.
59(4):469-479

MONASTERIO, P. P.
59(4):433-443

MONTILLA, E.
59(1):15-24

MONTOYA ARAMBURU, M. A.
59(4):445-456

MORATINOS, H.
59(4):423-432

MURAOKA, T.
59(1):45-58

NAVAS, M.
59(2):219-225

OCHEUZE, P.
59(1):45-58

ORDOSGOITTI, A.
59(2):183-188

ORTEGA, B.
59(4):401-411

ORTÍZ-DOMÍNGUEZ, A.
59(4):387-400; 423-432

ORTÍZ, L.
59(1):73-79; 81-88
59(2):119-127

OSORIO, F.
59(3):343-350

PACHECO,E.
59(3):297-308

PACHECO, W.
59(1):59-71

PÉREZ C., A. A.
59(2):161-172
59(4):433-443

PÉREZ, A.
59(2):183-188
59(3):317-322

PÉREZ-ALMEIDA, I.
59(1):15-24
59(4):445-456

PÉREZ, M.
59(1):5-14

PÉREZ, P.
59(1):59-71

PÉREZ, V.
59(4):413-422

PLA-SENTIS, I.
59(2):189-205

POLEO, J.
59(4):457-467

QUIJADA, O.
59(3):275-287; 289-296

REA, R.
59(2):137-148

RIVAS, E.
59(4):373-379

RODRÍGUEZ, B.
59(4):381-386

RODRÍGUEZ, G.
59(2):173-182

RODRÍGUEZ, M.
59(1):5-14

RODRÍGUEZ, V.
59(1):99-105

ROVEDAS, G.
59(1):73-79; 81-88
59(2):119-127

RUÍZ, J.
59(1):5-14

SALAZAR YAMARTE, E. G.
59(2):129-135
59(4):363-371

SANABRIA, D.
59(4):373-379

SANABRIA, N.
59(3):317-322

SÁNCHEZ, J.
59(2):161-172

SÁNCHEZ, T.
59(3):309-316

SANDOVAL, M. F.
59(4):491-501

SANTAELLA, M. D.
59(4):433-443

SANTANA, M.
59(1):99-105

SEGOVIA, V.
59(3):237-247

SEVILLA, V.
59(1):33-44
59(2):149-160
59(3):249-264; 265-273

SILVA, A.
59(4):413-422

SILVA, O.
59(1):33-44
59(3):249-264

SILVA ACUÑA, R.
59(2):173-182
59(4):373-379

SILVA D., R. J.
59(4):433-443

SOTO, E.
59(1):5-14

TORO, M.
59(4):491-501

TORREALBA VARGAS, M.CH.
59(4):363-371

TORRES, D.
59(2):207-217

TRUJILLO, B.
59(1):59-71

TRUJILLO DÍAZ, I. E.
59(4):363-371; 413-422

VALERA, A.
59(2):189-205

VALVERDE, B.
59(4):387-400

VELÁSQUEZ, L.
59(4):401-411

VELÁSQUEZ SALAZAR, R.
59(4):481-489

VIDAL, M.
59(4):413-422

VIVAS C., L. E.
59(1):89-98
59(4):457-467

ÍNDICE DE TÍTULOS

Absorción de formas de nitrógeno amoniacal y nítrica por plantas de papa en la producción de tubérculo-semilla.
59(1):45-58

Acumulación de biomasa seca en diferentes órganos de la planta de arroz en condiciones de déficit hídrico.
59(1):15-24

Acumulación de materia seca, N; P y K en frijol cultivado bajo labranza mínima y convencional en un mollisol de Venezuela.
59(4):401-411

Avalição da coloração, teor de fenóis e atividade da peroxidase no guacamole conservado pelo frio.
59(3):331-342

Calidad del grano y variabilidad genética de variedades y líneas de arroz del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).
59(4):445-456

Caracterización agronómica de clones de musáceas con niveles de resistencia a sigatoka negra en el municipio Veroes, estado Yaracuy, Venezuela.
59(2):183-188

Caracterización de la cuenca del río Canoabo en el estado Carabobo, Venezuela. I. Análisis climático y de producción de agua.
59(1):33-44

Caracterización de la cuenca del río Canoabo en el estado Carabobo, Venezuela. III. La erosión de los suelos.
59(3):249-264

Caracterización de la cuenca del río Canoabo en el estado Carabobo, Venezuela. II. Suelos y tierras.
59(2):149-160

Caracterización de la cuenca del río Canoabo en el estado Carabobo, Venezuela. IV. Zonificación agroecológica.
59(3):265-273

Caracterización microbiológica del proceso de compostaje a partir de residuos azucareros.
59(3):309-316

Caracterización morfológica de poblacionesde arroz maleza, en el Distrito de Riego del río Zulia, norte de Santander, Colombia.
59(4):387-400

Caracterización morfológica, física, química, mineralógica y génesis de un pedón sódico alcalino ubicado en Papelón, estado Portuguesa.
59(2):189-205

Colecta y rescate del conocimiento local de algodones nativos en las Costas de los estados Falcón y Aragua, Venezuela.
59(1):59-71

Comportamiento fenológico de la raza Antillana de aguacate en la región Centro-Norte costera de Venezuela.
59(1):5-14

Efecto de las fuentes nitrogenadas sobre el contenido de nitratos y lecturas "SPAD" en el cultivo de lechuga.
59(1):99-105

Efecto del tamaño del botón floral sobre la inducción de embriones somáticos en cacao.
59(4):481-489

Embriogénesis somática a partir de flores masculinas de Pineo Gigante y Cambur M anzano.
59(4):363-371

Estabilidad del rendimiento y potencial agronómico de cultivares de maíz de endospermo normal y qpm en zonas agroecológicas de Venezuela.
59(4):433-443

Evaluación de atrayentes orgánicos para la captura de adultos de *Opsiphanes cassina* Felder, defoliador de la palma aceitera.
59(2):173-182

Evaluación de diferentes fuentes de carbohidratos y medio de soporte, para la multiplicación *in vitro* de portainjertos de cítricos tolerantes a la tristeza.
59(3):343-350

Evaluación de la fertilización biológica del frijol con cepas nativas de *Rhizobium* aisladas de un ultisol de la altiplanicie del estado Guárico.
59(4):384-386

Evaluación del banco de semilla de arroz maleza y voluntario en el suelo.
59(4):423-432

Evaluación del insecticida Thiamethoxam 25% para el manejo del insecto sogata en el cultivo de arroz en Calabozo, estado Guárico, Venezuela.
59(1):89-98

Evaluación de parámetros bioquímicos en un Calcaric Skeletic Cambisol bajo diferentes usos de suelo.
59(2):219-225

Evaluación de varios factores sobre características químicas del grano de cacao en fermentación.
59(1):73-79

Evaluación de la inducción de variabilidad genética en cambur "Manzano" (Musa AAB) a través de marcadores RAPD.
59(4):413-422

Hidrólisis enzimática *in vitro* y microscopia electrónica de la harina horneada y extruidida de Arracacha.
59(3):297-308

Importancia ambiental y socio económica de la micorrizas en el cultivo de cacao caso: hacienda Cata, municipio Ocumare Costa de Oro, estado Aragua, Venezuela.
59(4):491-501

Impacto del tipo de uso de la tierra sobre propiedades del suelo en la depresión de Quíbor.
59(2):207-217

Influencia de dos sistemas de labranza y profundidades de siembra sobre características agronómicas de la yuca en sabana bien drenadas en el estado Monagas.
59(4):373-379

Influencia de la poda y de la aplicación de nitrato potásico y tiosulfato potásico sobre el mango en Maracaibo, Venezuela. I. Floración.
59(3):275-287

Influencia de la poda y de la aplicación de nitrato potásico y tiosulfato potásico sobre el mango en Maracaibo, Venezuela. II. Producción e índices de eficiencia productiva.
59(3):289-296

Influencia de varios factores sobre características del grano de cacao fermentado y secado al sol.
59(2):119-127

Influencia de varios factores sobre índices físicos del grano de cacao en fermentación.
59(1):81-88

El Maíz: Un rubro estratégico para la soberanía agroalimentaria de los Venezolanos.
59(3):237-247

Monitoreo de *Tagosodes orizicolus* M. e incidencia del virus de la hoja blanca "VHB" en el cultivo de arroz en Calabozo, estado Guárico, Venezuela.
59(4):457-467

Multiplicación *in vitro* de *Agave cocui* Trelease a través de yemas axilares.
59(2):129-135

Potencial azucarero y panelero de cinco cultivares de caña de azúcar en el Valle de Santa Cruz de Bucaral, estado Falcón, Venezuela.
59(2):137-148

Predicción de sigatoka negra en ‘plátano Harton’ bajo condiciones de fertilización del suelo en el municipio Veroes del estado Yaracuy, Venezuela.
59(3):317-322

Rendimiento del maíz y las épocas de siembra en los Llanos Occidentales de Venezuela.
59(2):161-172

Suelos mal drenados en Venezuela.
59(1):25-32

Utilización del diseño TTC para detectar epistasis en soya.
59(3):323-330

Variación de la actividad biológica del suelo en un trasecto altitudinal de la Sierra de San Luín, estado Falcón.
54(4):469-479

ÍNDICE DE MATERIA

2,4-d
* Auxina
  ** Sustancia de crecimiento vegetal.
    *** *Theobroma cacao*. 59(4):481-489

Abonos nitrogenados
* *Lactuca sativa*
  ** Nitrato de calcio. 59(1):99-105
  ** Sulfato de amonio. 59(1):99-105
* *Solanum tuberosum*
  ** Nitrato de amonio. 59(1):45-58

Abonos NPK
* *Lactuca sativa*. 59(1):99-105
* *Musa* (Plátanos)
  ** Plátano Haltón. 59(3):317-322
* *Vigna unguiculata*. 59(4):381-386

Abonos orgánicos
* Quíbor. 59(2):207-217
* *Vigna unguiculata*. 59(4):381-386

Absorción de sustancias nutritivas
* *Vigna unguiculata*. 59(4):401-411

Actividad del suelo, véase Biología del suelo

Actividad enzimática
* Aguacate
  ** Guacamole. 59(3):331-342

Agar
* Medio de cultivo
  ** *Citrus volkameriana*. 59(3):343-350
  ** Híbridos de cítricos
    *** C-35. 59(3):343-350
    *** *Citrumelo swingle*. 59(3):343-350

Agave cocui
* Cultivo de meristemas. 59(2):129-135
* Cultivo *in vitro*. 59(2):129-135
* Lara. 59(2):129-135
* Vitroplantas. 59(2):129-135

Agua Blanca
* Portuguesa
  ** *Zea mays*. 59(4):433-443

Aguacate
* Guacamole
  ** Actividad enzimática. 59(3):331-342
  ** Brasil
    *** Baura. 59(3):331-342
  ** Color. 59(3):331-342
  ** Congelación. 59(3):331-342
  ** Contenido fenólico. 59(3):331-342
  ** Refrigeración. 59(3):331-342

Aguacate, véase *Persea americana*

Algodón, véase *Gossypium*

Almacenamiento de semillas
* Cacao. 59(1):73-79; 81-88
  59(2):119-127

Almidón
* Harina
  ** Apio (Arracacha)
    *** Gránulos. 59(3):297-308
    *** Hidrólisis enzimática. 59(3):297-308
    *** Microscopia. 59(3):297-308

Amilasa
* Arroz. 59(4):445-467

Análisis microbiano
* Compost. 59(3):309-316

Anatomía de planta
* *Oryza sativa*
  ** Variedades
    *** Arroz maleza. 59(4):387-400

Antillana
* Variedades
  ** *Persea americana*. 59(1):5-14

Apio (Arracacha)
* Harina
  ** Almidón
    *** Gránulos. 59(3):297-308
    *** Hidrólisis enzimática. 59(3):297-308
    *** Microscopia. 59(3):297-308

Aragua
* Conservación de germoplasma
  ** *Grossypium*. 59(1):59-71
* Cumboto
  ** Cacao. 59(1):73-79; 81-88
  59(2):119-127
* Musa AAA (Bananos)

** Pineo Gigante. 59(4):363-371
* Musa AAB (Plátanos)
** Cambur Manzano. (59(4):363-371
* Ocumare de la Costa de Oro
** *Theobroma cacao*. 59(4):491-501
* *Vigna unguiculata*. 59(4):401-411

Araure-1
* *Oryza sativa*.
** Variedades. 59(4):445-456

Araure-4
* *Oryza sativa*.
** Variedades. 59(4):445-456

Araure-50
* *Oryza sativa*.
** Variedades. 59(4):445-456

Arroz
* Amilasa. 59(4):445-456
* Descascarado. 59(4):445-456
* Moliendo. 59(4):445-456
* Pulido. 59(4):445-456

Arroz, véase *Oryza sativa*

Arroz maleza, véase *Oryza sativa*

Arroz voluntario, véase *Oryza sativa*

Atrayentes
* Control de insectos
** *Elaeis guineensis*
*** *Opsiphanes cassina*. 59(2):173-182

Auxinas
* 2,4-d
** Sustancia de crecimiento vegetal.
*** *Theobroma cacao*. 59(4):481-489

B0-549
* *Saccharum officinarum*
** Variedades. 59(2):137-148

B80-408
* *Saccharum officinarum*
** Variedades. 59(2):137-148

Bacteria fijadora del nitrógeno
* *Vigna unguiculata*. 59(4):381-386

Bagazo
* Elaboración de compost. 59(3):309-316

Barinas
* Punta Gorda
** *Zea Mays*. 59(4):433-443

Bauru
* Brasil
** Aguacate
*** Guacamole. 59(3):331-342

Biofertilizantes, véase Abonos orgánicos

Biología del suelo
* Falcón
** Sierra de San Luís. 59(4):469-479

Biomasa
* *Oryza sativa*. 59(1):15-24

Brasil
* Bauru
** Aguacate
*** Guacamole. 59(3):331-342
* Piracicaba
** *Glycine max*. 59(3):323-330
* Sâo Paulo
** *Solanum tuberosum*. 59(1):45-58

Cacao
* Almacenamiento de semillas. 59(1):73-79; 81-88
59(2):119-127
* Cumboto
** Aragua. 59(1):73-79; 81-88
59(2):119-127
* Secado natural. 59(2):119-127
* Semilla de cacao
** Composición química. 59(1):73-79; 81-88
59(2):119-127
** Fermentación. 59(1):73-79; 81-88
59(2):119-127
** Propiedades físico-químicas. 59(1):73-79; 81-88
59(2):119-127

Cacao, véase *Theobroma cacao*

Calabozo
* Guárico
** *Oryza sativa*. 59(1):89-98
59(4):457-467

Callo
* Cultivo de tejidos.
** *Theobroma cacao*. 59(4):481-489

Cambur Manzano
* Musa AAB (Plátanos)
** Aragua. 59(4):363-371
** Cultivo *in vitro*. 59(4):363-371
** Desarrollo embrionario. 59(4):363-371
** Embrión somático. 59(4):363-371
** Fenología. 59(2):183-188
** Rendimiento de cultivos. 59(2):183-188
** Resistencia a la enfermedad
*** *Mycosphaerella fijiensis*. 59(2):183-188
** Variación somoclonal. 59(4):413-422
** Yaracuy. 59(2):183-188

Caña de azúcar, véase *Saccharum officinarum*

Caña pañalesa, véase *Saccharum officinarum*

Carabobo
* Cuenca hidrográfica
** Río Canoabo. 59(1):33-44
59(2):149-160
59(3):249-264

Características agronómicas
* *Manihot esculenta*. 59(4):373-379

Características morfológicas del suelo
* Suelo sódico-alcalino. 59(2):189-205

Cargill-114
* *Zea mays*
** Variedades. 59(4):433-443

Centauro
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):445-456

Choroní-42
* *Theobroma cacao*
** Variedades. 59(4):481-489

Choroní-163
* *Theobroma cacao*
** Variedades. 59(4):481-489

Cimarrón
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):445-456

Citoquininas
* Quinetina
** Sustancia de crecimiento vegetal
*** *Theobroma cacao*. 59(4):481-489

Citrus volkameriana
* Medio de cultivo
** Agar. 59(3):343-350
** Fructosa. 59(3):343-350
** Sucrosa. 59(3):343-350
** Xilosa. 59(3):343-350
* Portainjertos. 59(3):343-350
* Resistencia a la enfermedad
** Virosis. 59(3):343-350
* Sustratos de cultivo
** Vermiculita. 59(3):343-350

Clasificación de suelos
* Cuenca hidrográfica
** Río Canoabo. 59(2):149-160

Climatología
* Cuenca hidrográfica
** Río Canoabo. 59(1):33-44

Cocuy, véase *Agave cocui*

Colombia
* *Oryza sativa*
** Variedades.
*** Arroz maleza. 59(4):387-400

Colonia de Turén
* Portuguesa
** *Zea mays*. 59(4):433-443

Color
* Aguacate
** Guacamole. 59(3):331-342

Coloración, véase color

Composición química
* Cacao
** Semilla de cacao. 59(1):73-79; 81-88
59(2):119-127

Compost
* Análisis microbiano. 59(3):309-326

Congelación
* Aguacate
** Guacamole. 59(3):331-342

Conservación de germoplasma
* *Gossypium*
** Aragua. 59(1):59-71
** Falcón. 59(1):59-71

** *Gossypium barbadense*. 59(1):59-71
** *Gossypium hirsutum*. 59(1):59-71
** *Gossypium purpurascens*. 59(1):59-71

Contenido de materia seca
* *Vigna unguiculata*. 59(4):381-386; 401-411

Contenido de nitrógeno
* Falcón
** Sierra de San Luís. 59(4):469-479

Contenido fenológico
* Aguacate
** Guacamole. 59(3):331-342

Control de insectos
* *Elaeis guineensis*
** *Opsiphanes cassina*
*** Trampas. 59(2):173-182
* *Oryza sativa*. 59(1):89-98

Control químico
* *Oryza sativa*.
** *Tagosodes orizicolus*
*** Ethopheprox. 59(1):89-98
*** Monocrotofos. 59(1):89-98
*** Thiamethoxan. 59(1):89-98
*** Thiocyclan hidrogenoxalato. 59(1):89-98

CR74-250
* *Saccharum officinarum*
** Variedades. 59(2):137-148

Cuenca hidrográfica
* Río Canoabo
** Carabobo. 59(1):33-44
59(2):149-160
59(3):249-264
** Clasificación de suelos. 59(2):149-160
** Clasificación de tierras. 59(2):149-160
** Climatología. 59(1):33-44
** Degradación ambiental. 59(3):249-264
** Deterioro del suelo. 59(3):249-264
** Manejo del suelo. 59(2):149-160
59(3):249-264
** Modelos de simulación. 59(1):33-44
** Ordanación de tierras. 59(3):265-273
** Suelo de montaña. 59(2):149-160
59(3):249-264
** Terreno en declive. 59(2):149-160
59(3):249-264
** Utilización de la tierra. 59(2):149-160
59(3):249-264; 265-273
** Vocación de la tierra.59(2):149-160

Cultivo de embriones
* *Theobroma cacao*. 59(4):481-489

Cultivo de meristemas
* *Agare cocui*. 59(2):127-135

Cultivo de tejidos
* Callo
** *Theobroma cacao*. 59(4):481-489

Cultivo *in vitro*
* *Agare cocui*. 59(2):127-135
* Musa AAA (Bananos)
** Pineo Gigante. 59(4):363-371
* Musa AAB (Plátanos)
** Cambur Manzano. 59(4):363-371

Cumboto
* Aragua
** Cacao. 59(1):73-79; 81-88
59(2):119-127

Deficiencias del suelo
* España
** Páramo de la Alcarria. 59(2):219-225

Déficit de humedad en el suelo
* *Oryza sativa*. 59(1):15-24

Degradación ambiental
* Cuenca hidrográfica
** Río Canoabo. 59(3):249-264

Degradación de tierra, véase Degradación ambiental

Degradación del suelo, véase Deterioro del suelo

Desarrollo embrionario
* Musa AAA (Bananos)
** Pineo Gigante. 59(4):363-371
* Musa AAB (Plátanos)
** Cambur Manzano. (59(4):363-371
* Poliembrionia
** *Theobroma cacao*. 59(4):481-489

Descascarad
* Arroz. 59(4):445-456

Deterioro del suelo
* Cuenca hidrográfica
** Río Canoabo. 59(3):249-264

* España
** Páramo de la Alcarria. 59(2):219-225

El Socorro
* Guárico
** *Zea mays*. 59(4):433-443

Elaboración de compost
* Bagazo. 59(3):309-316

Elaeis guineensis
* Control de insectos
** *Opsiphanes cassina*.
*** Atrayentes. 59(2):173-182
*** Trampas. 59(2):173-182
* Monagas. 59(2):173-182

Embriogénesis, véase Desarrollo embrionario

Embrión somático
* Musa AAA (Bananos)
** Pineo Gigante. 59(4):363-371
* Musa AAB (Plátanos)
** Cambur Manzano. (59(4):363-371
* *Theobroma cacao*. 59(4):481-489

Emergencia
* *Oryza sativa*
** Variedades
*** Arroz maleza. 59(4):423-432
*** Arroz voluntario. 59(4):423-432

Epistasis, véase Interacción de genes

España
* Páramo de la Alcarria
** Deficiencias del suelo. 59(2):219-225
** Deterioro del suelo. 59(2):219-225
** Fertilidad del suelo. 59(2):219-225
** Propiedades físico-químicas suelo. 59(2):219-225
** Suelo calcareo. 59(2):219-225
** Utilización de la tierra. 59(2):219-225

Estiércol
* *Lactuca sativa*. 59(1):99-105

Falcón
* Conservación de germoplasma
** *Gossypium*. 59(1):59-71
* Sierra de San Luís
** Biología del suelo. 59(4):469-479
** Contenido de nitrógeno. 59(4):469-479
** pH del suelo. 59(4):469-479
** Propiedades físico-químicas suelos. 59(4):469-479
** Respiración del suelo. 59(4):469-479
* Valle de Santa Cruz de Bucaral
** *Saccharum officinarum*. 59(2):137-148

Fecha de siembra
* *Zea mays*. 59(2):161-172

Fedearroz 50
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):387-400

Fenología
* Musa (Bananos)
** FHIA 01. 59(2):183-188
** FHIA 02. 59(2):183-188
** Yangambi km 5. 59(2):183-188
* Musa AAB (Plátanos)
** Cambur Manzano. 59(2):183-188
* *Persea americana*. 59(1):5-14

Fermentación
* Cacao
** Semilla de cacao. 59(1):73-79; 81-88
59(2):119-127

Fertilidad del suelo
* España
** Páramo de la Alcarria. 59(2):219-225
* Quíbor. 59(2):207-217

FHIA 01
* Musa (Bananos)
** Fenología. 59(2):183-188
**Rendimiento de cultivos. 59(2):183-188
** Resistencia a la enfermedad
*** *Mycosphaerella fijensis*. 59(2):183-188
** Yaracuy- 59(2):183-188

FHIA 02
* Musa (Bananos)
** Fenología. 59(2):183-188
** Rendimiento de cultivos. 59(2):183-188
** Resistencia a la enfermedad
*** *Mycosphaerella fijensis*. 59(2):183-188
** Yaracuy- 59(2):183-188

Floración
* *Persea americana*. 59(1):5-14

Floración inducida
* *Mangifera indica*
** Nitrato potásico. 59(3):275-587; 289-296
** Tiosulfato potásico. 59(3):275-587; 289-296

Fonaiap-1
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):445-456

Fonaiap-2000
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):445-456

Fructificación
* *Persea americana*. 59(1):5-14

Fructosa
* Medio de cultivo
** *Citrus volkameriana*. 59(3):343-350
** Híbridos de cítricos
*** C-35. 59(3):343-350
*** *Citrumelo swingle*. 59(3):343-350

Fundarroz PN1
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):445-456

Germinación
* *Oryza sativa*
** Variedades.
*** Arroz maleza. 59(4):423-432
*** Arroz voluntario. 59(4):423-432

Glycine max
* Brasil
** Piracicaba. 59(3):323-330
* Hibridación. 59(3):323-330
* Interacción de genes. 59(3):323-330
* Rendimiento de cultivo. 59(3):323-330
* Variedades
** PI 123439. 59(3):323-330
** PI 239235. 59(3):323-330

Gossypium.
* Conservación degermoplasma
** Aragua. 59(1):59-71
** Falcón. 59(1):59-71
** *Gossypium barbadense*. 59(1):59-71
** *Gossypium hirsutum*. 59(1):59-71
** *Gossypium purpurascens*. 59(1):59-71

Gossypium barbadense
* Conservación degermoplasma
** *Gossypium*. 59(1):59-71

Gossypium hirsutum
* Conservación degermoplasma
* *Gossypium*. 59(1):59-71

Gossypium purpurascens
* Conservación degermoplasma
* *Gossypium*. 59(1):59-71

Gránulo
* Almidón
** Harina
*** Apio (Arracacha). 59(3):297-308

Great lakes 659
* *Lactuca sativa*
** Variedades. 59(1):99-105

Guacamole
* Aguacate
** Actividad enzimática. 59(3):331-342
** Brasil
*** Baura. 59(3):331-342
** Color. 59(3):331-342
** Congelación. 59(3):331-342
** Contenido fenólico. 59(3):331-342
** Refrigeración. 59(3):331-342

Guárico
* Calabozo
** *Oryza sativa*. 59(1):89-98
59(4):457-467
* El Socorro
** *Zea mays*. 59(4):433-443
* *Vigna unguiculata*. 59(4):381-386

Gusano desfoliadores, véase *Opsiphanes cassina*

Hábito de crecimiento
* *Oryza sativa*
** Variedades.
*** Arroz maleza. 59(4):387-400

Harina
* Apio (Arracacha)
** Almidón
*** Gránulos. 59(3):297-308
*** Hidrólisis enzimática. 59(3):297-308
*** Microscopia. 59(3):297-308

Hass
* *Persea americana*
** Variedades. 59(3):331-342

Hibridación
* *Glycine max*. 59(3):323-330

Híbridos de cítricos
* C-35
** Medio de cultivo

*** Agar. 59(3):343-350
*** Fructosa. 59(3):343-350
*** Sucrosa. 59(3):343-350
*** Xilosa. 59(3):343-350
** Portainjertos. 59(3):343-350
** Resistencia a la enfermedad
*** Virosis. 59(3):343-350
** Substratos de cultivo
*** Vermiculita. 59(3):343-350
* *Citrumelo de cultivo*
** Medio de cultivo
*** Agar. 59(3):343-350
*** Fructosa. 59(3):343-350
*** Sucrosa. 59(3):343-350
*** Xilosa. 59(3):343-350
** Portainjertos. 59(3):343-350
** Resistencia a la enfermedad
*** Virosis. 59(3):343-350
** Substratos de cultivo
*** Vermiculita. 59(3):343-350

Hidrólisis enzimática
* Almidón
** Harina
*** Apio (Arracaha). 59(3):297-308

Historia
* Maíz. 59(2):237-247

INIA-HQPM-2
* *Zea mays*
** Variedades. 59(4):433-443

Interacción de genes
* *Glycine max*. 59(3):323-330

Interacción genotipo ambiente
* *Zea mays*. 59(4):433-443

Investigación en campo
* *Theobroma cacao*. 59(4):491-501

Irwin
* *Mangifera indica*
** Variedades. 59(3):275-287; 289-296

Juricato 104
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(1):15-24

Labranza convencional
* *Manihot esculenta*. 59(4):373-379
* *Vigna unguiculata*. 59(4):401-411

Labranza mínima
* *Vigna unguiculata*. 59(4):401-411

Lactuca sativa
* Abonos nitrogenados
** Nitrato de calcio. 59(1):99-105
** Sulfato de amonio. 59(1):99-105
* Abonos npk. 59(1):99-105
* Estiércol. 59(1):99-105
* Lara. 59(1):99-105
* Urea. 59(1):99-105
* Variedades
** Great lakes 659. 59(1):99-105

Laderas, véase Terreno en declive

Lara
* *Agave cocui*. 59(2):129-135
* *Lactuca sativa*. 59(1):99-105
* Quíbor. 59(2):207-217

Las Caramas
* Portuguesa
** *Zea mays*. 59(4):433-443

Lechuga, véase *Lactuca sativa*

Macollamiento
* *Oryza sativa*
** Variedades
*** Arroz maleza. 59(4):387-400

Maíz
* Historia. 59(2):237-247

Maíz, véase *Zea mays*

Maíz amilaceo, véase *Zea mays*

Maíz blanco, véase Maíz amiláceo

Manejo del suelo
* Cuenca hidrográfica
** Río Canoabo. 59(2):149-160
59(3):249-264
* Quíbor. 59(2):207-217

Mangífera indica
* Floración inducida
** Nitratto potásico. 59(3):275-278; 289-296
** Tiosulfato potásico. 59(3):275-278; 289-296
* Maracaibo. 59(3):275-278; 289-296
* Poda. 59(3):275-278; 289-296

* Rendimiento de cultivos. 59(3):289-296
* Variedades
** Irwin. 59(3):275-278; 289-296
** Tommy Atkins. 59(3):275-278; 289-296

Mango, véase *Mangifera indica*

Manihot esculenta
* Característica agronómicas. 59(4):373-379
* Labranza convencional. 59(4):373-379
* Monagas. 59(4):373-379
* Profundidad de siembra. 59(4):373-379
* Rendimiento de cultivos. 59(4):373-379
* Siembra directa. 59(4):373-379

Maracaibo
* *Mangifera indica*. 59(3):275-278; 289-296

Marfilar
* Portuguesa
** *Zea mays*. 59(4):433-443

Medio de cultivo
* *Citrus volkamericana*
** Agar. 59(3):343-350
** Fructosa. 59(3):343-350
** Sucrosa. 59(3):343-350
** Xilosa. 59(3):343-350
* Híbridos cítricos
** C-35
*** Agar. 59(3):343-350
*** Fructosa. 59(3):343-350
*** Sucrosa. 59(3):343-350
*** Xilosa. 59(3):343-350
** *Citrumelo swingle*
*** Agar. 59(3):343-350
*** Fructosa. 59(3):343-350
*** Sucrosa. 59(3):343-350
*** Xilosa. 59(3):343-350
* *Theobroma cacao*. 59(4):481-489

Micorrizas asbusculares vesiculares
* *Theobroma cacao*. 59(4):491-501

Microscopia
* Almidón
** Harina
*** Apio (Arracacha). 59(3):297-308

Microscopia de barrido, véase Microscopia

Microscopia electrónica, véase Microscopia

Modelos de simulación
* Cuenca hidrográfica
** Río Canoabo. 59(1):33-44

Molienda
* Arroz. 59(4):445-456

Monagas
* *Elaeis guineensis*. 59(2):173-182
* *Manihot esculenta*. 59(4):373-379

Monocrotofos
* Control químico
** *Tagosodes orizicolus*
*** *Oryza sativa*. 59(1):89-98

Musa (Bananos)
* FHIA 01
** Fenología. 59(2):183-188
** Rendimiento de cultivos. 59(2):183-188
** Resistencia a la enfermedad
*** *Mycosphaerella fijiensis*. 59(2):183-188
** Yaracuy. 59(2):183-188
* FHIA 02
** Fenología. 59(2):183-188
** Rendimiento de cultivos. 59(2):183-188
** Resistencia a la enfermedad
*** *Mycosphaerella fijiensis*. 59(2):183-188
** Yaracuy. 59(2):183-188
* Pineo Gigante
** Aragua. 59(4):363-371
** Cultivo *in vitro*. 59(4):363-371
** Desarrollo embrionario. 59(4):363-371
** Embrión somático. 59(4):363-371
* Yangambi km 5
** Fenología. 59(2):183-188
** Rendimiento de cultivos. 59(2):183-188
** Resistencia a la enfermedad
*** *Mycosphaerella fijiensis*. 59(2):183-188
** Yaracuy. 59(2):183-188

Musa (Plátanos)
* Cambur Manzano
** Aragua. 59(4):363-371
** Cultivo *in vitro*. 59(4):363-371
** Desarrollo embrionario. 59(4):363-371
** Embrión somático. 59(4):363-371
** Fenología. 59(2):183-188
** Rendimiento de cultivos. 59(2):183-188
** Resistencia a la enfermedad
*** *Mycosphoerella fijiensis*. 59(2):183-188
** Variación somaclonal. 59(4):413-422
** Yaracuy. 59(2):183-188

* Plátano Haltón
** Abonos npk. 59(3):317-322
** Resistencia a la enfermedad
*** *Mycosphaerella fijiensis*. 59(3):317-322

Mycosphaerella fijiensis
* Resistencia a la enfermedad
** Musa (Bananos)
*** FHIA 01. 59(2):183-188
*** FHIA 02. 59(2):183-188
*** Yangambi km 5. 59(2):183-188
** Musa (Plátanos)
*** Cambur Manzano. 59(2):183-188
*** Plátano Haltón. 59(3):317-322

Nitrato amoniacal, véase Nitrato de amonio

Nitrato de amonio
* Abonos nitrogenados
** *Solanum tuberosum*. 59(1):45-58

Nitrato de calcio
* Abonos nitrogenados
** *Lactuca sativa*. 59(1):99-105

Nitrato potásico
* Floración inducida
** *Mangifera indica*. 59(3):275-278; 289-296

Norte de Santander
* *Oryza sativa*
** Variedades
*** Arroz maleza. 59(4):387-400

Nudosidades radiculares
* *Vigna unguiculata*. 59(4):381-386

Ocumare-61
* *Theobroma cacao*
** Variedades. 59(4):481-489

Ocumare-67
* *Theobroma cacao*
** Variedades. 59(4):481-489

Ocumare de la Costa de Oro
* Aragua
** *Theobroma cacao*. 59(4):491-501

Opsiphanes cassina
* Control de insectos
** *Elaeis guineensis*
*** Trampas. 59(2):173-182

Ordenación de tierras
* Cuenca hidrográfica
** Río Canoabo. 59(3):265-273

Organogénesis
* *Theobroma cacao*. 59(4):481-489

Oryzica 1
* *Oriza sativa*
** Variedades. 59(4):387-400

Oryza sativa
* Biomasa. 59(1):15-24
* Control de insectos. 59(1):89-98
* Déficit de humedad en el suelo. 59(1):15-24
* Guárico
** Calabozo. 59(1):89-98
59(4):457-467
* Rendimiento de cultivos. 59(1):15-24
* *Tagosodes orizicolus*. 59(4):457-467
** Control químico
*** Ethophenprox. 59(1):89-98
*** Monocrotofos. 59(1):89-98
*** Thiamethoxan. 59(1):89-98
*** Thiocyclan hidrogenoxalato. 59(1):89-98
* Variación genética
** Araure-1. 59(4):445-456
** Araure-4. 59(4):445-456
** Araure-50. 59(4):445-456
** Arroz maleza
*** Anatomía de la planta. 59(4):387-400
*** Colombia. 59(4):387-400
*** Emergencia. 59(4):423-432
*** Germinación. 59(4):423-432
*** Hábitos de crecimiento. 59(4):387-400
*** Macollamiento. 59(4):387-400
*** Norte de Santander. 59(4):387-400
*** Plántula. 59(4):423-432
*** Portuguesa. 59(4):423-432
*** Viabilidad de la semilla. 59(4):423-432
** Arroz voluntario
*** Emergencia. 59(4):423-432
*** Germinación. 59(4):423-432
*** Plántula. 59(4):423-432
*** Portuguesa. 59(4):423-432
*** Viabilidad de la semilla. 59(4):423-432
** Centauro. 59(4):445-456
** Cimarrón. 59(4):445-456
** Fonaiap-1. 59(4):445-456
** Fonaiap-2000. 59(4):445-456
** Fedearroz 50. 59(4):387-400
** Fundarroz PN1. 59(4):445-456
** Jucarito 104. 59(1):15-24

** Oryzica 1. 59(4):387-400
** Oryzica 3. 59(4):387-400
** Palmar. 59(4):445-456
** PN00A002A. 59(4):445-456
** PN00A007. 59(4):445-456
** PN00A017. 59(4):445-456
** PN01A013. 59(4):445-456
** Venezuela-21. 59(4):445-456
** VI/04. 59(4):445-456
** VI/21-4. 59(4):445-456
* Virus de la hoja blanca. 59(4):457-467

Oryzica 3
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):387-400

Palma aceitera, véase *Elaeis guineensis*

Palmar
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):445-456

Papa, véase *Solanum tuberosum*

Páramo de la Alcarria
* España
** Deficiencias del suelo. 59(2):219-225
** Deterioro del suelo. 59(2):219-225
** Fertilidad del suelo. 59(2):219-225
** Propiedades físico-químicas suelo. 59(2):219-225
** Suelo calcareo. 59(2):219-225
** Utilización de la tierra. 59(2):219-225

Persea americana
* Fenología. 59(1):5-14
* Floración. 59(1):5-14
* Fructificación. 59(1):5-14
* Precipitación atmoférica. 59(1):5-14
* Temperatura ambiental. 59(1):5-14
* Variedades.
** Antillana. 59(1):5-14
** Hass. 59(3):331-342

pH del suelo
* Falcón
** Sierra de San Luís. 59(4):469-479

PI 123439
* *Glycine max*
** Variedades. 59(3):323-330

PI 239235
* *Glycine max*
** Variedades. 59(3):323-330

Pineo Gigante
* Musa AAA (Bananos)
** Aragua. 59(4):363-371
** Cultivo *in vitro*. 59(4):363-371
** Desarrollo embrionario. 59(4):363-371
** Embrión somático. 59(4):363-371

Pioneer-30R92
* *Zea mays.*
** Variedades. 59(4):433-443

Piracicaba
* Brasil
** *Glycine max*. 59(3):323-330

Plántula
* *Oryza sativa*
** Variedades.
*** Arroz maleza. 59(4):423-432
*** Arroz voluntario. 59(4):423-432

Plátano Haltón
* Musa (Plátanos)
** Abonos npk. 59(3):317-322
** Resistencia a la enfermedad
*** *Mycosphaerella fijiensis*. 59(3):317-322

Plátano Haltón, véase Musa (Plátanos)

PN00A002A
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):445-456

PN00A007
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):445-456

PN00A017
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):445-456

PN01A013
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):445-456

Poda
* *Mangifera indica*. 59(3):275-278; 289-296

Poliembrionia
* Desarrollo embrionario
** *Theobroma cacao.* 59(4):481-489

Portainjertos
**Citrus volkameriana*. 59(3):343-350

* Híbridos de cítricos
** C-59. 59(3):343-350
** *Citrumelo swingle*. 59(3):343-350

Portuguesa
* *Oryza sativa*
** Variedades.
*** Arroz maleza. 59(4):423-432
*** Arroz voluntario. 59(4):423-432
* Suelo sódico-alcalino. 59(2):182-205
* *Zea mays*. 59(2):161-172
** Agua Blanca. 59(4):433-443
** Colonia Turén. 59(4):433-443
** Las Caramas. 59(4):433-443
** Marfilar. 59(4):433-443
** Sabana del Medio. 59(4):433-443

Portuguesa-2002
* *Zea mays*
** Variedades. 59(4):433-443

Portuguesa-2004
* *Zea mays*
** Variedades. 59(4):433-443

Portuguesa-2008
* *Zea mays*
** Variedades. 59(4):433-443

Portuguesa-2010
* *Zea mays*
** Variedades. 59(4):433-443

Portuguesa-2012
* *Zea mays*
** Variedades. 59(4):433-443

PR61-632
* *Saccharum officinarum*
** Variedades. 59(2):137-148

Precipitación atmosférica
* *Persea americana*. 59(1):5-14

Profundidad de siembra
* *Manihot esculenta*. 59(4):373-379

Propiedades físico-químicas
* Cacao
** Semilla de cacao. 59(1):73-79; 81-88
59(2):119-127

Propiedades físico-químicas suelo
* España
** Páramo de la Alcaria. 59(2):219-225
* Falcón
** Sierra de San Luís. 59(4):469-479
* Suelo sódico-alcalino. 59(2):189-205
* Quíbor. 59(2):201-217

Pulido
* Arroz. 59(4):445-456

Punta Gorda
* Barinas
** *Zea mays*. 59(4):433-443

Quíbor
* Abonos orgánicos. 59(2):207-217
* Fertilidad del suelo. 59(2):207-217
* Lara. 59(2):207-217
* Manejo del suelo. 59(2):207-217
* Propiedades físico-químicas suelo. 59(2):207-217
* Utilización de la tierra. 59(2):207-217

Quinetina
* Citoquininas
** Sustancia de crecimiento vegetal
** *Theobroma cacao*. 59(4):481-489

Refrigeración
* Aguacate
** Guacamole. 59(3):331-342

Rendimiento de cultivos
* *Glycine max*. 59(3):323-330
* *Manihot esculenta*. 59(4):373-379
* Musa (Bananos)
** FHIA 01. 59(2):183-188
** FHIA 02. 59(2):183-188
** Yangambi km 5. 59(2):183-188
* Musa (Plátanos)
** Cambur Manzano. 59(2):183-188
* *Oryza sativa*. 59(1):15-24
* *Saccharum officinarum*. 59(2):137-148
* *Zea mays*. 59(2):161-172
59(4):433-443

Resistencia a la enfermedad
* *Mycosphaerella fijiensis*
** Musa (Bananos)
*** FHIA 01. 59(2):183-188
*** FHIA 02. 59(2):183-188
*** Yangambi km 5. 59(2):183-188
** Musa (Plátanos)
*** Cambur Manzano. 59(2):183-188
* Virosis
** *Citrus volkameriana*. 59(3):343-350

** Híbridos de cítricos
*** C-35. 59(3):343-350
*** *Citrumelo swingle*. 59(3):343-350

Respiración del suelo
* Falcón
** Sierra de San Luís. 59(4):469-479

Rhizobium
* *Vigna unguiculata*. 59(4):381-386

Río Canoabo
* Cuenca hidrográfica
** Carabobo. 59(1):33-44
59(2):149-160
59(3):249-264
** Clasificación de suelos. 59(2):149-160
** Clasificación de tierras. 59(2):149-160
** Climatología. 59(1):33-44
** Degradación ambiental. 59(3):249-264
** Deterioro del suelo. 59(3):249-264
** Manejo del suelo. 59(2):149-160
59(3):249-264
** Modelos de simulación. 59(1):33-44
** Ordenación de tierras. 59(3):265-273
** Suelo de montaña. 59(2):149-160
59(3):249-264
** Terreno en declive. 59(2):149-160
59(3):249-264
** Utilización de la tierra. 59(2):149-160
59(3):249-264; 265-273
** Vocación de la tierra. 59(2):149-160

Sacarosa, véase Sucrosa

Saccharum officinarum
* Rendimiento de cultivos. 59(2):137-148
* Valle de Santa Cruz de Bucaral
** Falcón. 59(2):137-148
* Variedades
** B0-549. 59(2):137-148
** B80-408. 59(2):137-148
** CR74-250. 59(2):137-148
** PR61-632. 59(2):137-148
** V71-39. 59(2):137-148

Sâo Paulo
* Brasil
** *Solanum tuberosum*. 59(1):45-58

Secado natural
* Cacao. 59(1):119-127

Semilla de cacao
* Cacao
** Composición química. 59(1):73-79; 81-88
59(2):119-127
** Fermentación. 59(1):73-79; 81-88
59(2):119-127
** Propiedades físico-químicas. 59(1):73-79; 81-88

Siembra directa
* *Manihot esculenta*. 54(4):373-379

Sierra de San Luís
* Falcón
** Biología del suelo. 59(4):469-479
** Contenido de nitrógeno. 59(4):469-479
** pH del suelo. 59(4):469-479
** Propiedades físico-químicas suelo. 59(4):469-479
** Respiración del suelo. 59(4):469-479

Sigatoka negra, véase *Mycosphaerella fijiensis*

Sogasta, véase *Tagosodes orizicolus*

Solanum tuberosum
* Abonos nitrogenados
** Nitrato de amonio. 59(1):45-58
* Brasil
** Sâo Paulo. 59(1):45-58
* Tubérculos. 59(1):45-58

Substratos de cultivo
* Vermiculita
** *Citrus volkameriana*. 59(3):343-350
** Híbridos de cítricos
*** C-35. 59(3):343-350
*** *Citrumelo swingle*. 59(3):343-350

Sucrosa
* Medio cultivo
** *Citrus volkameriana*. 59(3):343-350
** Híbridos de cítricos
*** C-35. 59(3):343-350
*** *Citrumelo swingle*. 59(3):343-350

Suelo calcareo
* España
** Páramo de la Alcarria. 59(2):219-225

Suelo de montaña
* Cuenca hidrográfica
** Río Canoabo. 59(2):149-260
59(3):249-264

Suelo hidromórfico
* Venezuela. 59(1):25-32

Suelo sódico-alcalino
* Características morfológicas del suelo. 59(2):189-205
* Portuguesa. 59(2):189-205
* Propiedades físico-químicas suelo. 59(2):189-205

Sulfato de amonio
* Abono nitrogenados
** *Lactuca sativa*. 59(1):99-105

Sustancia de crecimiento vegetal
* Auxinus
** 2,4 d
*** *Theobroma cacao*. 59(4):481-489
* Citoquininas
** Quinetina
*** *Theobroma cacao*. 59(4):481-489

Tagosodes orizicolus
* *Oryza sativa*. 59(4):457-467
** Control químico
*** Ethophenprox. 59(1):89-98
*** Monocrotofos. 59(1):89-98
*** Thiamethoxan. 59(1):89-98
*** Thiocyclan hidrogenoxalato. 59(1):89-98

Temperatura ambiental
* *Persea americana*. 59(1):5-14

Terreno en declive
* Cuenca hidrográfica
** Río Canoabo. 59(2):149-160
59(3):249-264

Theobroma cacao
* Aragua
** Ocumare de la Costa de Oro. 59(4):491-501
* Cultivo de tejidos
** Callo. 59(4):481-489
* Cultivo de embriones. 59(4):481-489
* Desarrollo embrionario
** Poliembrionia. 59(4):481-489
* Embrión somático. 59(4):481-489
* Investigación en campo. 59(4):491-501
* Medio de cultivo. 59(4):481-489
* Micorrizas asbusculares vesiculares. 59(4):491-501
* Organogénesis. 59(4):481-489
* Sustancias de crecimiento vegetal
** Auxinas
*** 2,4-d. 59(4):481-489
** Citoquininas
*** Quinetina. 59(4):481-489
* Variedades
** Choroní-42. 59(4):481-489
** Choroní-163. 59(4):481-489
** Ocumare-61. 59(4):481-489
** Ocumare-67. 59(4):481-489

Thiamethoxan
* Control químico
** *Tagosodes orizicolus*
*** *Oryza sativa*. 59(1):89-98

Thiocyclan hidrogenoxalato
* Control químico
** *Tagosodes orizicolus*
*** *Oryza sativa*. 59(1):89-98

Tiosulfato potásico
* Floración inducida
** *Mangifera indica*. 59(3):275-287; 289-296

Tommy Atkins
* *Mangifera indica*
** Variedades. 59(3):275-287; 289-296

Trampas
* Control de insectos
** *Elaeis guineensis*
*** *Opsiphanes cassina*. 59(2):173-182

Tristeza de los cítricos, véase Virosis

Tubérculos
* *Solanum tuberosum*. 59(1):45-58

Turén-2000
* *Zea mays*
** Variedades. 59(4):433-443

Tuy
* *Vigna unguiculata*
** Variedades. 59(4):401-411

Urea
* *Lactuca sativa*. 59(1):99-105

Utilización de la tierra
* Cuenca hidrográfica
** Río Canoabo. 59(2):149-160
59(3):249-.264
* España

** Páramo de la Alcarria. 59(2):219-225
* Quíbor. 59(2):207-217

V71-39
* *Saccharum officinarum*
** Variedades. 59(2):137-148

Valle de Santa Cruz de Bucaral
* Falcón
** *Saccharum officinarum.* 59(2):137-148

Variación somaclonal
* Musa AAB (Plátanos)
** Cambur Manzano. 59(4):413-422

Variedades
* *Glycine max*
** PI123439. 59(3):323-330
** PI239235. 59(3):323-330
* *Lactuca sativa*
** Great Lakes 659. 59(1):99-105
* *Mangifera indica*
** Irwin.59(3):275-287; 289-296
** Tommy Atkins. 59(3):275-287; 289-296
* *Oryza sativa*
** Arroz maleza
*** Anatomía de la planta. 59(4):387-400
*** Colombia. 59(4):387-400
*** Emergencia. 59(4):423-432
*** Germinación. 59(4):423-432
*** Hábito de crecimiento. 59(4):387-400
*** Macollamiento. 59(4):387-400
*** Norte de Santander. 59(4):387-400
*** Plántula. 59(4):423-432
*** Portuguesa. 59(4):423-432
*** Viabilidad de la semilla. 59(4):423-432
** Arroz voluntario
*** Emergencia. 59(4):423-432
*** Germinación. 59(4):423-432
*** Plántula. 59(4):423-432
*** Portuguesa. 59(4):423-432
*** Viabilidad de la semilla. 59(4):423-432
** Fedearroz 50. 59(4):387-400
** Jucarito 104. 59(1):15-24
** Oryzica 1. 59(4):387-400
** Oryzica 3. 59(4):387-400
* *Persea americana*
** Antillana. 59(1):5-14
* *Saccharum officinarum*
** B0-549. 59(2):137-148
** B80-408. 59(2):137-148
** CR74-250. 59(2):137-148
** PR61-632. 59(2):137-148
** V71-39. 59(2):137-148
* *Theobroma cacao*
** Choroní-42. 59(4):481-489
** Choroní-163. 59(4):481-489
** Ocumare-61. 59(4):481-489
** Ocumare-67. 59(4):481-489
* *Vigna unguiculata*
** Tuy. 59(4):401-411
* *Zea mays.* 59(4):161-172
** Cargill-114. 59(4):433-443
** INIA-HQPM-2. 59(4):433-443
** Pioneer-30R92. 59(4):433-443
** Portuguesa-2002. 59(4):433-443
** Portuguesa-2004. 59(4):433-443
** Portuguesa-2008. 59(4):433-443
** Portuguesa-2010. 59(4):433-443
** Portuguesa-2012. 59(4):433-443
** Turén-2000. 59(4):433-443

Venezuela
* Suelo hidromórfico. 59(1):25-32

Venezuela-21
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):445-456

Vermiculita
* Substratos de cultivo
** *Citrus volkameriana*. 59(3):343-350
** Híbridos de cítricos
*** C-35. 59(3):343-350
*** *Citrumelo swingle*. 59(3):343-350

VI/04
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):445-456

VI/21-4
* *Oryza sativa*
** Variedades. 59(4):445-456

Viabilidad de la semilla
* *Oryza sativa*
** Variedades
*** Arroz maleza. 59(4):423-432
*** Arroz voluntario. 59(4):423-432

Vigna unguiculata
* Abonos npk. 59(4):381-386
* Abonos orgánicos. 59(4):381-386
* Absorción de sustancias nutritivas. 59(4):401-411

* Aragua. 59(4):401-411
* Bacteria fijadora del nitrógeno. 59(4):381-386
* Contenido de materia seca. 59(4):381-386; 401-411
* Guárico. 59(4):381-386
* Labranza convencional. 59(4):401-411
* Labranza mínima. 59(4):401-411
* Nudosidades radiculares. 59(4):401-411
* *Rhizobium*. 59(4):381-386
* Variedades
  ** Tuy. 59(4):401-411

Virosis
* Resistencia a la enfermedad. 59(3):343-350
  ** *Citrus volkameriana*. 59(3):343-350
  ** Híbridos de cítricos
    *** C-35. 59(3):343-350
    *** *Citrumelo swingle*. 59(3):343-350

Virus de la hoja blanca
* *Oryza sativa*. 59(4):457-467

Vitroplantas
* *Agave cocui*. 59(2):129-135

Vocación de la tierra
* Cuenca hidrográfica
  ** Río Canoabo. 59(2):149-160

Yangambi km 5
* Musa (Bananos)
  ** Fenología. 59(2):183-188
  ** Rendimiento de cultivos. 59(2):183-188
  ** Resistencia a la enfermedad
    *** *Mycosphaerella fijiensis*. 59(2):183-188
  ** Yaracuy. 59(2):183-188

Yaracuy
* Musa (Bananos)
  ** FHIA 01. 59(2):183-188
  ** FHIA 02. 59(2):183-188
  ** Yangambi km 5. 59(2):183-188
* Musa (Plátanos)
  ** Cambur Manzano. 59(2):183-188
* Yaritagua
  ** *Zea mays*. 59(4):433-443

Yaritagua
* Yaracuy
  ** *Zea mays*. 59(4):433-443

Yuca, véase *Manihot esculenta*

Xilosa
* Medio de cultivo
  ** *Citrus volkameriana*. 59(3):343-350
  ** Híbridos de cítricos
    *** C-35. 59(3):343-350
    *** *Citrumelo swingle*. 59(3):343-350

Zea mays
* Barinas
  ** Punta Gorda. 59(4):433-443
* Fecha de siembra. 59(2):161-172
* Interacción genotipo ambiente. 59(4):433-443
* Guárico
  ** El Socorro. 59(4):433-443
* Portuguesa. 59(2):161-172
  ** Agua Blanca. 59(4):433-443
  ** Colonia de Turén. 59(4):433-443
  ** Las Caramas. 59(4):433-443
  ** Marfilar. 59(4):433-443
  ** Sabana del Medio. 59(4):433-443
* Rendimiento de cultivos. 59(2):161-172
  59(4):433-443
* Variedades. 59(2):161-172
** Cargill-114. 59(4):433-443
  ** INIA-HQPM-2. 59(4):433-443
  ** Pioneer-30R92. 59(4):433-443
  ** Portuguesa-2002. 59(4):433-443
  ** Portuguesa-2004. 59(4):433-443
  ** Portuguesa-2008. 59(4):433-443
  ** Portuguesa-2010. 59(4):433-443
  ** Portuguesa-2012. 59(4):433-443
  ** Turén-2000. 59(4):433-443
* Yaracuy
  ** Yaritagua. 59(4):433-443

AGRONOMÍA TROPICAL

Revista del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Venezuela

Instrucciones para los Autores

Agronomía Tropical publica trabajos originales producto de la investigación en el área de la agronomía. Se reconocen por trabajos originales aquellos que son producto de la investigación o experimentación, que tienen como objetivo concreto desarrollar nuevos conceptos o tecnologías y adaptar las existentes a las condiciones locales.

El envío de trabajos a **Agronomía Tropical** implica que no han sido presentados para su publicación en otra revista.

Los trabajos cortos, que describen técnicas experimentales, equipos, fenómenos naturales, o especies nuevas, serán publicados en la revista como **notas técnicas**. También se aceptan reseñas de libros recientemente publicados.

Manuscritos

Se requieren un original y tres copias legibles, transcritas a doble espacio en papel blanco tamaño carta (28,0 x 21,5 cm), utilizando una sola cara con márgenes de 2 cm en la parte superior y 3 cm en los demás lados. Las páginas deben ser numeradas consecutivamente. La versión final del trabajo, en la cual se han acogido las observaciones de los revisores, deberá remitirse tanto en un original transcrito, como archivado en un CD archivado en el programa MS Word, Open Office Writer.

Los manuscrtos también pueden enviarse vía correo electrónico a la dirección de la revista (agrotrop@canaima2.inia.gob.ve, agrotropic@yahoo.com o mfernandez@canaima2.inia.gob.ve).

La secuencia en la presentación de un trabajo es como sigue: título, autor(es), palabras clave, resumen, introducción la cual debe incluir la revisión de literatura, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones (si las hubiere), resumen (summary) y título en inglés, agradecimiento (si hubiere), bibliografía.

Los títulos de cada una de las partes del trabajo deben insertarse en el texto en letras mayúsculas y en el centro de la página.

La extensión del trabajo no debe exceder de 25 páginas a doble espacio, incluyendo en ellos cuadros, figuras y referencias. Junto al manuscrito es necesario anexar una carta de Fe, donde se declare que el trabajo no ha sido presentado en ningún otro medio.

Una vez aceptado el manuscrito se le enviará la comunicación oficial de aprobación con la ubicación relativa donde será incluido en la revista **Agronomía Tropical**.

Título. Escrito en letras mayúsculas, debe ser claro y conciso, procurando no excederse de 20 palabras. Debe identificar y describir concretamente el contenido del trabajo, sin abreviaturas. Sólo deben incluirse los nombres comunes de plantas, insectos, etc., cuando se requiere, dejando como palabra clave el nombre científico de los mismos.

Autor(es). Primer nombre completo, inicial del segundo y apellidos completos. Después de los nombres se usarán asteriscos (*) para identificar al pie de página el cargo, la institución, dirección postal donde trabajan y correo electrónico. Debe usar el nombre completo de la institución con la abreviatura o sigla entre paréntesis. Al pie de página puede identificarse, si es necesario, la institución que financió el trabajo, o si es parte de una tesis de grado.

Resumen. Debe tener un máximo de 250 palabras (150 para las notas), en un sólo párrafo. Específicamente debe exponer cuál es el objetivo del trabajo, cómo se realizó, los resultados cuantitativos más relevantes, porqué son relevantes, y la conclusión. Los entes biológicos y los suelos deben ser identificados por sus nombres científicos cuando son mencionados por primera vez en el resumen y en el summary y la primera vez que aparezcan en el cuerpo del trabajo, tanto en castellano como inglés, y no deben repetirse en el cuerpo del artículo.

Palabras Clave. Son aquellas que permiten identificar el tópico que se discute en el texto y que faciliten la elaboración del índice de materias, tratando de no repetir las que se usen en el título. Debe incluir los nombres científicos de los entes biológicos.

Introducción. Debe estar formada por una breve referencia de los antecedentes que motivaron a la realización del trabajo; igualmente puede incluirse la revisión de literatura con las investigaciones más recientes que aporten ideas fundamentales para la realización del

trabajo. También incluirá el objetivo del mismo. Para las referencias bibliográficas se usará el sistema de apellidos del primer autor y el año de publicación.

Materiales y Métodos. La presentación debe ser clara y concreta, siguiendo un ordenamiento lógico de las técnicas empleadas en la investigación y los materiales utilizados. Los procedimientos analíticos y estadísticos usados deberán ser descritos claramente o citados como referencias bibliográficas.

Resultados y Discusión. Esta sección debe satisfacer los objetivos que se señalaron en la introducción, manejando la información cuantitativa a través de cuadros o figuras a fin de transmitir en forma clara el significado de los resultados obtenidos. Es necesario el uso de la estadística para verificar la validez de los resultados, cuando así se requiera. La discusión de los datos deberá hacerse basada en los soportes disponibles en la literatura.

Agradecimiento. Se utilizarán para reconocer a aquellas personas que han hecho contribuciones sustanciales al trabajo o han prestado asistencia técnica. Igualmente para reconocer a las instituciones que han brindado apoyo financiero a la investigación se debe anexar al pie de página en la primera parte del trabajo, es decir, debajo de las palabras claves, indicando la llamada número 1 al terminar el título e incluyéndose, debajo de la página del resumen.

Cuadros. Cada cuadro se presentará en hoja separada, colocada a continuación del texto donde se haga alusión a él por primera vez, y seguirán la paginación del texto. El contenido de los cuadros no debe ser duplicado en las figuras. Los asterísticos se usarán para mostrar el nivel de significancia estadística de 0,05 (*), 0,01 (**) y 0,001 (***); los asteríscos deben ir acompañados del nombre de la prueba estadística realizada. Para otras llamadas deberán utilizarse otros símbolos. El título del cuadro debe ser concreto y expresar el contenido del mismo. Los cuadros deben se elaborados utilizando la tabla del programa Words o Excel.

Figuras. Se entiende por figura cualquier ilustración que se incluya en el trabajo (gráficos, dibujos, fotografías, esquemas, mapas). Estas no deben ser una duplicación de la información de los cuadros. Las figuras pueden dibujarse a mano alzada con tinta china en papel albanene, o elaboradas con un Software y reproducidas en impresora láser. De ser posible, use figuras de 1/2 página (9 x 11 cm). No es deseable usar letras mayúsculas en el título el cual debe colocarse en la parte inferior de la figura.

En caso de usar fotografías, las leyendas se describirán en hoja aparte, con el respectivo número de la figura. Se requieren los negativos o diapositivas, marcadas por detrás con lápiz suave, con el número de la figura y el título del artículo.

Para las fotografías y otros dibujos digitalizados, los mismos deberán procesarse en formato TIFF (cmyk). En cuanto a los gráficos (líneas, barras, tortas...) se recomienda utilizar los programas Power Point, Harward Graphic o Excel, adjuntando la información con la cual se elabora la figura, de tal manera que cuando se requiere pueda ser modificada en la oficina de edición de la revista. No use innecesariamente figuras tridimensionales.

Debe evitar el uso del color en los gráficos y demás figuras, ya que esto encarece la edición de la revista. De requerirse el uso del color en las fotografías, agrúpelas y numérelas secuencialmente.

Bibliografía. Sólo deben ser incluidas publicaciones que estén disponibles en las bibliotecas; las comunicaciones personales serán citadas en el texto al pie de página indicando el nombre completo y la dirección del autor de la comunicación, el año en que se produjo. Las citas bibliográficas deben ser ordenadas alfabéticamente siguiendo el siguiente esquema:

- **Artículos de revistas:** autor(es), colocar el apellido del primer autor y luego la inicial del nombre, para los otros autores, primero la inicial del nombre y luego el apellido (en mayúscula); año de la publicación; título del artículo; abreviatura del nombre de la revista; volumen; página inicial y final del artículo.

- **Libros y folletos:** autor(es), año de la publicación, título, editor o traductor, número de la edición, lugar de la publicación (ciudad), casa editorial, paginación y serie.

- **Artículos en una publicación colectiva:** autor(es), año de la publicación, título del artículo, preposición latina **In** subrayada o en negrita, y seguida de dos puntos (:) y luego la referencia completa del libro.

- **Tesis:** autor, año, título, la palabra tesis, el grado académico en forma abreviada y en el mismo idioma en que está redactada la tesis, ciudad, país, universidad, facultad y número de páginas.

Dos o más artículos del mismo autor(es) deben ser ordenados cronológicamente, en caso de ser del mismo año debe usarse letras minúsculas a, b, c, d, etc.

Revisión de los Manuscritos. La revista garantiza la confidencialidad en el proceso de revisión de los trabajos por parte de especialistas reconocidos.

Estilo. Los entes biológicos deben ser identificados por sus nombres científicos completos (binomial) en el título (cuando se requiera así como en el resumen, summary y la primera vez que se mencionan en el cuerpo de trabajo.

Los nombres de productos comerciales deben evitarse, prefiriéndose el nombre genérico. Cuando ello sea posible utilícelo seguido del símbolo®.

Los nombres de las variedades, cultivares e híbridos deberán acompañarse de virgulillas o comillas simples sólo cuando se mencionen por primera vez en el resumen, en el summary y en el cuerpo del artículo.

Los suelos deben ser identificados taxonómicamente; si el nombre de la serie no es muy conocido deberá señalarse la familia.

Los símbolos no tienen plural ni llevan punto (.) después de ellos, y sólo se escriben en mayúsculas aquellos derivados de nombre propios Celsius, Kelvin, Joule.

Los decimales deben separarse con coma (,) y no con punto (.). Las unidades de mil o millón se indicarán con un espacio en blanco.

La abreviatura correspondiente a Agronomía Tropical es Agronomía Trop.

Para más detalles de estilo y presentación obsérvese los últimos números de la revista.

Los símbolos a usar son:

	Símbolo/abrev,	**reemplaza**
metro,	m,	
kilómetro,	km (10^3m)	
decímetro,	dm	
centímetro,	cm (10^{-2}m)	
milímetro,	mm (10^{-3}m)	
micra	m	
micromilímetro,	mm (10^{-6}m),	microm
nanómetro,	nm (10^{-9}m),	Angstrom
metro cuadrado,	m^2	
hectárea,	ha	
metro cúbico,	m^3	
litro,	l	
gramo,	g	
kilogramo,	kg	
tonelada,	t	
mega gramo,	Mg,	
miligramo,	mg (10^{-3}g)	
microgramo,	µg (10^{-6}g)	
nanogramo,	ng (10^{-9}g)	
kilogramo/hectárea,	kg ha^{-1}	
toneladas/hectárea,	t ha^{-1}	
megapascal,	M Pa,	bar
grado Celsius,	°C	
grado Joule,	J,	caloría
grado Kelvin	°K	
centimole por kilogramo,	c mol kg^{-1},	meq por 100g
gramo por kilogramo,	g kg^{-1}	
miligramo por kilogramo,	mg kg^{-1},	ppm
metro sobre el nivel del mar	m.s.n.m.	

La revista proporcionará gratis a los autores 25 separatas de sus trabajos.

Para reproducir un material o parte de él, deberá obtenerse el permiso de la revista.

Los manuscritos deben ser enviados al Editor de **Agronomía Tropical**, INIA, Apdo. 2103, Maracay 2101, estado Aragua, Venezuela, acompañados de una comunicación en la cual se señale el autor a quién deberá dirigirse la correspondencia, su dirección, teléfonos de oficina y domicilio y la firma de cada uno de los autores del trabajo.

Para suscripción. Realizar depósito según el monto del volumen completo, más costo de envío al Banco Mercantil, Cuenta Corriente Nº 0105-0100-84-1100095039 a nombre del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. INIA-Gerencia General. Av. Universidad, vía El Limón. Apdo. 4653. Maracay 2103, estado Aragua. Venezuela.

Composición: Carmen Elena Solórzano
Montaje: Gerardo Moreno
Fotolito: Mario Pino
Impresión: Eliseo Silva y Wilmer Gallardo

Impreso en el Taller Gráfico del INIA
Maracay, estado Aragua, Venezuela
Diciembre 2009

Agronomía Tropical

Agronomía Tropical

Agronomía Tropical

Agronomía Tropical

Venezuela
AHORA ES DE TODOS